



NNH

[illegible]

IL POLITECNICO.

SERIE QUARTA.

PARTE TECNICA.

VOLUME SECONDO.

IL

POLITECNICO

REPERTORIO

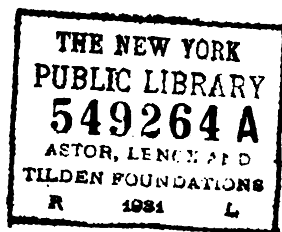
DI

STUDJ LETTERARJ, SCIENTIFICI
E TECNICI.

PARTE TECNICA

MILANO.
AMMINISTRAZIONE DEL POLITECNICO.

1866.



Milano. - Tipogr. di Zanetti Francesco.

Serie IV.ª — Vol. II.º fasc. I. — Luglio 1866.

IL POLITECNICO.

MEMORIE.

SULLE CHIUSE MOBILI
A SOSTEGNO DELLE ACQUE CORRENTI.

Alla più estesa diffusione dell'uso delle acque naturali per forza motrice a servizio economico dell' industria è di eminente importanza la soluzione dell'antico problema della costruzione delle *chiuse mobili.*

Ad esso si rivolsero gli studi di parecchi e distinti idraulici e meccanici; e con brillante fantasia riuscivano taluni a congegnare sistemi di chiuse, che forse, per le circostanze di località a cui furono applicati, rappresentano anche sublimi soluzioni del problema, e segnano un vero progresso nell'arte delle costruzioni idrauliche.

Ma dove appunto il congegno delle parti mobili dell'edificio è più studiato e sorprendente, ivi concorrono per lo più gli appunti o di troppo rilevante spesa d' impianto, o di complicazione di maneggio, di esiguità e fragilità di parti, di troppa ricorrenza di bisogno di riparazioni, e di altri inconvenienti.

Da ciò la quasi nessuna propagazione de' trovati più ingegnosi, e l'essere anche in oggi all'ordine del giorno la questione « come costruire una chiusa mobile economica, e di uso spedito e sicuro. »

Voler qui accennare le condizioni tutte alle quali si debba soddisfare nel risolverla, avrebbe l'aria di un trattato tecnico improprio di un articolo di giornale; d'altra parte ne' vari casi d'applicazione compajono circostanze così svariate da rendere assai difficile il porgere delle regole adatte per ciascuno.

Io mi propongo soltanto di qui descrivere alcuni sistemi di chiuse mobili di recente immaginati, o costrutti, che riscossero voto favorevole di idraulici assai distinti, e che racchiudono in alto grado e ad evidenza i vantaggi della semplicità, dell'economia, e del maneggio facilissimo. Ad altri il sindacarne i meriti e i difetti, il trarne partito per maggiori progressi.

Le chiuse mobili che intendo descrivere sono applicabili a quei corsi d'acqua di variabile portata, che troppo depresse nel loro stato di magra, vogliansi elevar di pelo per costituirne una vena laterale di portata e con cadute costanti o quasi, sotto la duplice condizione, che i piccoli incrementi d'acqua nel canale si versino spontaneamente a valle della chiusa senza esagerare la derivazione laterale, e che accadendo rilevanti incrementi ossiano piene nel canale, l'ostacolo della chiusa possa essere pressochè interamente rimosso. Quest'ultima condizione è quella che imprime tanto interesse alla quistione delle chiuse mobili, in cui trattasi di utilizzare le acque ordinarie o di magra senza aggravare i pericoli del territorio sovrastante nei tempi di piena.

1.° *Chiuse ad aprimento spontaneo graduato.*

Questo sistema consiste in una serie di tavoloni contigui girevoli, col mezzo di cardini, intorno ad un asse orizzontale posto alla sommità di una *briglia* o rialzo stabile del fondo del canale in trasverso al medesimo: l'asse di rotazione corrisponde al di sotto della linea media dei tavoloni. Resi questi verticali contro la corrente, vi rimangono equilibrati ancorchè l'acqua si elevi sull'asse di loro rotazione più di quanto l'asse medesimo dista dal loro lembo inferiore, ciò per la pressione o per l'urto preponderante sulla parte sommersa del tavolone che sulla superiore all'asse di rotazione.

I tavoloni sono d'altezza, sull'asse di rotazione, maggiore di quanto basti al loro equilibrio sotto quella pressione od urto, e funzionano come leve di primo genere. Ingrossando l'acqua disturbasi l'equilibrio della chiusa prevalendone l'azione sul braccio superiore della leva, e i tavoloni si rovesciano sulla briglia producendovi un rialzo limitato alla loro grossezza, è scomparendo così quasi interamente e spontaneamente, ossia per l'azione istessa dell'acqua, l'ingombro della chiusa.

Nell'annessa tavola, alla fig. 1 e 2, è rappresentata la sezione della chiusa, alla fig. 3 l'ortografia presa a valle.

Scorgesi di leggieri che l'altezza totale dei tavoloni perchè rimangano verticali ed equilibrati sotto l'impulso della corrente dipende

dalla distanza dell'asse di rotazione dal loro lembo inferiore, ovvero anche dal pelo dell'acqua durante l'equilibrio, che è quanto dire dalla elevazione stabile che vuol darsi all'acqua sulla briglia mediante la chiusa.

Stabilita quest'altezza d'acqua, e la corrispondente pei tavoloni cadenti nella parte centrale della chiusa, questi si rovesceranno sulla briglia per una piccola escrescenza dell'acqua.

In tale stato i tavoloni della chiusa successivi a destra e sinistra di quelli della parte centrale potranno essere fatti capaci a restar verticali ed equilibrati sotto un maggior impulso od elevazione dell'acqua, se le parti della briglia, che vi corrispondono, siano più elevate di quella che sostiene i tavoloni del centro.

Anch'essi però si rovesceranno, e scomparirà in maggior lunghezza la chiusa al sopravvenire di una maggiore escrescenza nella corrente.

Il ripiego può ripetersi dopo questo secondo tratto della chiusa allontanandosi ancor più dal suo centro, col dare ancora maggiore altezza alla successiva parte di briglia, la quale riescirà pertanto a gradinate convergenti, come lo riesce la cresta dei corrispondenti tavoloni.

A rendere impervio all'acqua l'intervallo fra la briglia e i tavoloni resi verticali, sul bordo inferiore di questi nella fronte a valle, si porrà un rialzo o nervatura a smusso di legno o di ferro che combaci con altra applicata sulla faccia a monte della briglia, del pari smussata in opposto senso, e rivestita di grosso cuojo, o meglio di una guancia di tela catramata e imbottita.

Il sistema di opere per questo chiudimento può essere variato in molti modi, secondo che debba preferirsi la massima deviazione dell'acqua sostenuta dalla chiusa, o la maggiore economia di spesa per la costruzione e per la manutenzione del manufatto. Il chiudimento è da conseguirsi per semplice aderenza, cosicchè non sia d'uopo di una forza riflessibile, ossia di un rilevante maggiore alzamento di acque a farlo cessare producendo il ribaltamento dei tavoloni sulla briglia.

Un tale sostegno è appellato *ad aprimento spontaneo graduato*, e serve a dare sfogo limitato alle acque nelle piccole escrescenze, e nel centro della corrente pel doppio fine di conservare durante le stesse un'elevazione di pelo a monte, e di proteggere le sponde a valle dalle impulsioni troppo dirette dello scarico: la chiusa non iscompare totalmente che per le grosse piene.

Una chiusa di questo genere soggiacerebbe a pericolo d'inazione, cioè non s'aprirebbe spontaneamente se venisse applicata a

corsi d'acqua recanti delle torbide, che accumulandosi per deposito a monte della briglia intoppassero il rovesciamento dei tavoloni. Essa è opportuna per rialzare le chiuse stabili che non siano mai soverchiate dai depositi dell'alveo superiore.

In pratica sono comunemente trascurabili le piccole fughe di acqua per le intercapedini da lasciarsi fra i lembi laterali dei tavoloni pel libero giro sui cardini.

Nella nota (*a*) espongo il processo analitico onde si determina l'altezza dei bracci di leva costituenti la chiusa in istato d'equilibrio statico e dinamico, ossia l'altezza dei tavoloni, e la posizione dell'asse di rotazione per lo spontaneo loro aprimento al sopraggiungere di un rigonfio del canale oltre un limite determinato.

La semplicità del concetto di questo genere di chiuse estingue ogni vanitosa pretesa d'invenzione. Un distinto idraulico crede averne veduta o la proposta in un antico opuscolo, o l'uso in alcuna delle provincie nord-est d'Italia. È poi palese, che il buon ufficio del sostegno non si avrà che a patto di una costruzione ben precisa, e segnatamente di tutta l'agevolezza del giro dei tavoloni sui gargani.

2.° *Chiuse elastiche.*

Il pensiero di questo genere di chiuse fu suggerito dal distinto Ing. Sig. Gio. Schlegel per una speciale applicazione, avendovi io soltanto proposta l'aggiunta di un congegno che meglio ne assicurasse lo stato di chiudimento senza rendere men facile e pronto il suo aprimento.

Esso si compone, come si esprime alle fig. 4 e 5, di una ponticella sul corso d'acqua più elevata delle sue massime piene, e sorretta da doppio ordine di puntoni di ferro;

Di una serie di tavoloni connessi a cerniera o con cardini all'ordine superiore dei puntoni all'altezza a cui vuolsi colla chiusa elevare il pelo d'acqua: ogni tavolone chiude l'intervallo fra due puntoni contigui appoggiandosi ad una briglia di poco elevata sul fondo del canale ed è rinforzata da nervature verticali ed orizzontali per attenuarne gli incurvamenti sotto una permanente e vigorosa pressione dell'acqua;

Di due saettoni o puntelli annessi uno a ciascun puntone dell'ordine inferiore od a valle della ponticella, che contrastando sui margini laterali i tavoloni verso la loro linea mediana li obbligano ad appoggiarsi alla briglia col loro margine inferiore, ed a resistere all'urto dell'acqua, che perciò si eleverà di pelo a monte.

Di un saltarello di ferro applicato al fondo del canale a valle dei tavoloni, che rovesciato contro di essi concorra coi saettoni allo stabile chiudimento del sostegno;

Di una verga uncinata di ferro che serva ai custodi della chiusa per sollevare, stando sulla ponticella, i saltarelli ed i saettoni, dietro di che l'acqua solleverà i tavoloni rendendoli natanti o sommersi, ma restando essi collegati a' primi puntoni della ponticella.

Cessata la piena è manovra ben semplice il rimettere i tavoloni a chiudimento della luce del canale, spingendoli dall'esterno contro l'azione della corrente, e quindi assicurandoli coi saettoni e coi saltarelli.

Finchè trattasi di chiuse di poca altezza, non superiore a $0^{m.}60$, e di tavoloni di lunghezza circa $2^{m.}$—, in istato di magra del canale il concorso di due o tre uomini è bastante al chiudimento del sostegno. Per dimensioni maggiori, e per corsi d'acqua violenti farà d'uopo di aggiungere qualche congegno meccanico per quel chiudimento a risparmio di maggior lavoro umano ed a sicurezza dei lavoranti.

La distanza fra i puntoni, ossia la lunghezza dei tavoloni, è un elemento da studiarsi accuratamente in ogni caso, perchè mentre tenderassi a diminuirla pel più facile maneggio della Chiusa, si avrà al contrario in vista di aumentarla perchè i puntoni non siano troppo di ostacolo al transito delle piante, erbaggi, e simili oggetti che venissero trascinati dalla corrente in tempo di piena. La ponticella per altro annessa alla chiusa offre una preziosa comodità per lo sgombro di questi corpi accidentali che vi si fermassero al piede a minacciarne la solidità, e a perturbare il corso dell'acqua a danno dei terreni circumfluviali, comodità costituente un altro merito principale di questo sistema dopo quello dell'amovibilità della chiusa, e che ne raccomanda l'applicazione, malgrado il conseguente maggior dispendio, a preferenza di altri sistemi.

Questo sistema, proposto di recente per una chiusa sul fiume Lambro con tavoloni d'altezza $0^{m.}80$, e di lunghezza met. 3, — riportava l'approvazione del Superiore Consiglio de' Lavori Pubblici, che ne permetteva l'eseguimento, stato poi ommesso in causa dello preferita surrogazione del 3.° sistema di chiusa che si viene a descrivere.

3.° *Chiuse ad aprimento semispontaneo e progressivo.*

Questo sistema di chiuse è già in uso con effetto lodevolissimo sul fiume Lambro presso Linate, ove ne progettò e diresse la costruzione il distinto sig. ingegnere Giacomo Frassi.

Consiste in una serie di tavoloni girevoli intorno ad un'asta verticale fissata al fondo del canale in prossimità ad un loro lembo laterale, che sotto l'urto della corrente funzionano come leve di primo genere. Vedi le figure 6 e 7.

Il primo tavolone è trattenuto all'estremità del braccio maggiore della leva da un uncino unito ad altra asta verticale, ma girevole presso la sponda del canale; al braccio minore dello stesso si appoggia a monte il braccio maggiore del tavolone successivo, il quale poi serve di ritegno al terzo tavolone come il primo al secondo, e così successivamente fino all' ultimo tavolone.

Slacciato il primo tavolone dall' uncino, l'urto dell' acqua sul braccio maggiore della leva prevalendo sul momento della pressione prodotta dal secondo tavolone sul braccio minore del primo, questo si mette in direzione dell'acqua che sfugge, e girando fa retrocedere per poco il secondo tavolone finchè lo abbandona. Con ciò quest'ultimo subisce per impulsione dell'acqua la stessa vicenda del primo, la quale si propaga progressivamente fino all'ultimo tavolone del sistema.

I tavoloni per tale aprimento della chiusa si dispongono tutti paralleli al corso d'acqua. Ma per prevenire disordinati movimenti, che sarebbero nocivi alla solidità della chiusa, e pericolosi al buon regime del canale, vengono muniti dei seguenti organi secondarj.

Una platea leggermente declive sul fondo del canale, di lunghezza alquanto maggiore di quella dei tavoloni, sicchè questi vi sovrastino interamente quando sia aperta la chiusa.

Una corsia di ferro ad arco circolare sulla platea per ogni tavolone, su di cui rotoli una carrucola di bronzo annessa al lembo inferiore dello stesso verso l'estremità del braccio maggiore, e che ne sostenga il peso durante parte della rotazione.

Un sostegno acclive di verga di ferro in continuazione alla corsia che paralizzi la declività della platea e trattenga orizzontale il tavolone quando sia parallelo alla corrente d'acqua, intoppandone con un rialzo di ferro una rotazione maggiore, e le oscillazioni conseguenti.

Una chiave o manovella per girare l'asta portante l'uncino di ritegno del primo tavolone.

Una soglia di legno portatile che si adagia progressivamente a ciascuna luce della chiusa per trattener l'acqua durante il richiudimento della stessa, il quale si comincia dall'ultimo dei tavoloni, e procede in ordine inverso a quello del loro progressivo aprimento.

Così è formata la chiusa di Linate, composta di quasi una diecina di tavoloni lunghi pressochè tre metri, ed alti circa $0^{m.}60$ sulla platea

L'aprimento di essa è quasi istantaneo, ed avviene, anche in abbondanza di acque nel Lambro, senza il minimo disordine, e senza alcuna oscillazione dei tavoloni. La manovra del richiudimento si compie in pochissimi minuti con tutta facilità mediante l'opera di soli due uomini opportunamente robusti ed istrutti.

Questo richiudimento sarebbe malagevole in istato di gonfiezza del canale; e però una chiusa di questo genere dovrà molto utilmente munirsi di uno scaricatore laterale dell'acqua, atto a produrre la magra a monte della chiusa anche in istato ordinario dell'acqua medesima.

Appunto la bella chiusa di Linate è sussidiata di un tale scaricatore a paraporti, ossia composto di una serie d'incastri di forma comune colla soglia notevolmente ribassata sotto il livello della platea della chiusa. Le paratoje d'ogni incastro sono di larghezza $1^{m.}15$ di pura luce, e di altezza $1^{m.}38$. In tempo di piena del Lambro sono soverchiate dall'acqua per un'altezza di circa $0^{m}.20$, che ne deborda a stramazzo. Non pertanto l'aprimento di queste paratoje soggette a così poderosa pressione, si ottiene con somma speditezza per opera di un sol uomo coll'ajuto di una altrettanto semplice, che poco costosa macchinetta applicata a ciascuna, e che merita di essere descritta colle dimensioni fondamentali, perchè applicabile alla pluralità dei casi in cui ricorra il desiderio di simili congegni, la di cui ricerca in via teorica non guadagna mai tanta confidenza quanta le ne assicura il lungo e felice esperimento.

Consiste la macchinetta (stata costrutta allo stabilimento dell'Elvetica presso Milano) in una ruota dentata con pignone, mossa da una vite perpetua, e che solleva un'asta d'ingranaggio annessa alla paratoja. L'Ortografia ed il Profilo se ne vedono alle figure 8 e 9.

La ruota, del diametro di $0^{m.}22$ ha 30 denti: il pignone è del diametro $0^{m.}12$, con 12 denti.

La vite, di diametro esterno $0^{m.}06$, ha il passo di $0^{m.}023$, il

verme a sezione rettangola grosso $0^{m} \cdot 01$. I denti della ruota, obliqui al suo asse, hanno l'indirizzo del verme della vite. Questa è mossa da manovella lunga $0^{m} \cdot 30$.

L'asta d'ingranaggio ed il pignone sono larghi $0^{m} \cdot 08$: la ruota è larga $0^{m} \cdot 06$: una carrucola folle dietro l'asta dentata la tiene sempre verticale ed in ingranaggio col pignone.

Un medesimo sostegno porta i fulcri della ruota col pignone, e quelli in senso trasversale della vite.

La macchinetta è di ghisa, ferro e bronzo, e fornita di scattole per dar l'olio ai perni: devonsi untare anche il verme della vite, e i denti del pignone.

Lo scaricatore di Linate è sotto tettoja, e recinto. Converrà sempre rivestire in caso diverso la macchinetta di solida camicia di legno o di ferro apribile a chiave per difenderla dalle intemperie e da ogni altro insulto.

Volendo io applicare il descritto terzo sistema di chiusa mobile ad altra località del Lambro (a Melegnano sulla platea del Ponte per la Strada provinciale ora detta di Piacenza) per divertirne l'acqua allo Stabilimento di filatura di lino e canapa della Ditta Trombini e Comp., tenendo conto delle frequenti variazioni di portata del fiume in quella località, dell'interesse per lo Stabilimento di avere una rilevante e permanente derivazione d'acqua anche in tempo di magra ordinaria e minima senza offendere le suscettività dei frontisti del fiume, o che hanno in vicinanza terreni in bassura arginati al di sopra del Ponte, o che hanno a valle dell'edificio stesso terreni esposti a vive corrosioni per la tortuosità del fiume, mi trovai nella necessità di dare alla chiusa qualche carattere di *regolatore*, e di dividerla perciò in varie parti sul totale trasverso del canale, ciascuna apribile separatamente senza alterarne il sistema. Un aprimento totale della chiusa, come si ha per quella di Linate, al presentarsi un fallace indizio di piena imminente, come accade per gli aquazzoni estivi ed autunnali, avrebbe mal servito ai bisogni dello stabilimento Trombini, ed avrebbe lasciato troppo adito a conflitti tra quella Ditta e i frontisti del fiume, di cui è legalmente protetta la indennità dagli effetti della divisata chiusa.

Ad ottenere gli aprimenti parziali della Chiusa, tra i quali anche far precedere quello alla situazione centrale del fiume, ho accoppiato diversi sistemi di chiusa conformi a quella di Linate, ponendo un'asta coll'uncino di ritegno isolata dalla sponda col fiume, cioè al principio di ognun sistema. A poter girare quest'asta per sciogliere l'uncino dalla prima paratoja del sistema

centrale, l'ho munita di una leva alla sommità e di una catenella, che stivasi dalla sponda del fiume, ove risiede il custode della Chiusa. L'ultimo sistema ha presso la sponda opposta l'uncino di ritegno del primo dei suoi tavoloni, che si aprono di moto inverso a quello dei tavoloni degli altri sistemi.

(a) NOTA. - Una paratoja verticale girevole intorno ad un asse orizzontale all'altezza a sul suo lembo inferiore, chiude un vaso d'acqua in riposo. A quale altezza x su quell'asse deve recarsi il pelo d' acqua nel vaso, perchè la paratoja riesca in procinto di aprirsi ribaltando intorno all' asse?

La condizione dell'equilibrio è l'eguaglianza del momento ordinario della pressione dell'acqua sulla parte superiore della paratoja, alla somma dei momenti della pressione analoga sulla parte inferiore, e della resistenza d'attrito che la pressione totale dell'acqua sulla paratoja, e il peso della stessa producono sui gangheri che la sostengono, i quali si suppongono di forma cilindrica di raggio r.

La pressione dell'acqua sulla parte inferiore della paratoja, che si ritiene di larghezza unitaria, è il peso d'un prisma d'acqua avente per base a, per altezza $x + \frac{1}{2} a$; è quindi $a x + \frac{a^2}{2}$ posto $= 1$ il peso specifico dell' acqua.

Preso un elemento dy sulla parte a di parete; il momento della pressione esercitatavi dall' acqua rispetto all'asse di rotazione sarà $(x + y) \, y \, dy$, ed il momento totale della pressione sulla parte d'altezza y sarà:

$$\int (xy + y^2) \, dy$$

in cui la primitiva è da estendersi da $y = o$ ad $y = a$.

La pressione sulla parte superiore d'altezza x della parete sarà $\frac{x^2}{2}$

Preso un elemento dz sulla parte x di parete, il momento della pressione esercitatavi dall'acqua rispetto al medesimo asse di rotazione sarà $(x - z) \, z \, dz$, ed il momento totale della pressione sulla parte d'altezza z sarà:

$$\int (xz - z^2)\, dz$$

in cui la primitiva è da estendersi da $z = o$ a $z = x$.

Sviluppate le primitive predette, ed estese fra i limiti, risultano esse rispettivamente:

$$\frac{a^2 x}{2} + \frac{a^3}{3} \; ; \; \frac{x^3}{6}$$

La resistenza d'attrito dipende:

dal peso della paratoja,

dalla pressione totale dell'acqua sulla medesima.

Il peso della paratoja è:

$$p\,m\,(a + x) + q = P\,x + Q$$

chiamato m il suo spessore, p il peso specifico del legname, q il peso delle ferramenta (gangheri; spranghe, ecc.), mobili con essa, e che suppongonsi invariabili al variare dell'incognita x, ritenuto perciò:

$$P = p\,m \quad ; \quad Q = a\,m\,p + q$$

La pressione totale dell'acqua sulla paratoja è poi:

$$\frac{(a + x)^2}{2}$$

Il peso della paratoja, e la pressione dell'acqua agendo ad angolo retto, hanno per risultante:

$$R = \sqrt{\left\{ (Px + Q)^2 + \frac{(a + x)^4}{4} \right\}}$$

la quale agisce col braccio di leva r, e moltiplicata per f coefficente d'attrito, dà il momento della resistenza dell'attrito sui gangheri.

Avremo adunque per l'istante prossimo al moto:

$$(1) \quad \frac{x^3}{6} = \frac{a^2 x}{2} + \frac{a^3}{3} + fr\sqrt{\left\{ (Px+Q)^2 + \frac{(a+x)^4}{4} \right\}}$$

Le a ed m si misureranno in decimetri, q in chilogrammi, essendo chil. 1 il peso d'un decimetro cubo di acqua; e p sarà il peso in chilogrammi d'un decimetro cubo del legname componente la paratoja.

L'equazione (1) si scioglie con taluno de' metodi d'approssimazione conosciuti.

Ad esempio sia $a = 1,5$, cioè di metri 0,15; $m = 0,5$ chilogram; $q = 4$ chil.; $r = 0,^{m}02$; $f = 0,20$, tra ferro e ferro bagnato d'acqua. Si ottiene $x = 0,^{m}\ 32$ assai prossimamente.

Se facciasi $a = 2$ ossia di m. 0,20, cogli stessi dati si ha pure prossimamente $x = 0^{m}, 41$.

La premessa soluzione non acquieta sull'attendibilità del risultato, non pure attesa l'indole ipotetica della legge d'incremento dalla pressione al crescere della profondità, della vena fluida, ma perchè il supposto dello stagnamento dell'acqua, comechè sia questa trattenuta dalla chiusa, è intrinsecamente falso. Se la chiusa trattiene l'acqua, questa sfugge lateralmente a monte di essa. L'acqua adunque funziona ad urtare, non semplicemente a comprimere la chiusa.

Cerchiamo di trattare l'assunta quistione sotto l'aspetto di equilibrio dinamico.

Il problema presenta una difficoltà notevole mancandoci i dati teorici e sperimentali, onde calcolare *a priori* gli incrementi della velocità dell'acqua così alla superficie, che per una determinata scala di profondità sotto di essa al crescere in un medesimo canale l'altezza della corrente.

A superare questi ostacoli faccio osservare:

1.° Che determinata la x colla promessa formola pel problema statico, si ha un dato approssimativo per conoscere l'altezza analoga soddisfacente al problema dinamico, altezza che rintracciata tra quelle variabili di giorno in giorno del canale su cui vuol costruirsi la chiusa, ci offrirà facilmente almeno la velocità corrispondente nel filone.

2.° Che allo stato odierno delle cognizioni idrauliche, segnatamente sperimentali, mentre non ha guari sulla fede dell'illustre D'Aubuisson (*Hydraulique*, § 152) si riteneva per certo che dalla superficie passando ai punti interni di una corrente in linea verticale si verificasse un continuo decremento di velocità, che i varj sperimentatori poi credevano di poter graduare secondo le ordinate di una parabola, di una logaritmica, o di una ellisse, le recenti esperienze di Bazin darebbero al contrario, che non cade alla superficie la massima velocità d'un canale, ma al di sotto di essa più o meno secondo che la sua profondità s'aumenti a confronto della sua larghezza, sì da cadere a metà dell'altezza d'acqua, allorchè il canale sia tanto profondo che largo. Ciò venne egregiamente già notato dal prof. Brioschi in un rimarchevole articolo del fasc. V, serie IV del *Politecnico* (Parte tecnica), Vol.^{e} I^{o}, 1866.

Se tiensi conto per altro delle gradazioni della velocità sotto il pelo d'acqua in rapporto alla velocità media d'una sezione, riportate a pag. 424, del citato fascicolo, appare che ben lentamente esse progrediscono penetrandosi dall'alto nella corrente, e che sotto lo stesso filone la velocità massima (che è la massima della sezione) per un canale largo circa 2^{m}, profondo 1,135, di portata metri cubi 1,295, non è che 0,161 volte di più della velocità media della sezione medesima, e cade a $0^{m},65$ sotto la superficie.

Nozioni tali abilitano certamente ad assumere pel nostro caso, senza tema di error grave, il supposto che la velocità dell'acqua di un canale interrotto da una chiusa del genere che si contempla, per tutta l'altezza di questa sia costante ed eguale alla superficiale nel filone allorchè la chiusa sia in procinto di aprirsi.

Ammettasi l'ipotesi newtoniana sufficientemente confermata dagli esperimentatori (D'Aubuisson, § 234, op. cit.), che l'urto continuo d'una corrente contro una parete piana in riposo perpendicolare alla sua direzione è rappresentato dal peso d'una colonna d'acqua che ha per base la parete, e per altezza il doppio di quella dovuta alla velocità della corrente.

Ammessi i simboli suesposti, e chiamata h l'altezza dovuta alla velocità v della corrente nel filone allorchè l'acqua si trovi prossimamente all'altezza capace di aprire la chiusa, sarà:

1.° Il momento della pressione sulla parte inferiore della parete rispetto al suo asse di rotazione:

$$2ha \times \frac{a}{2} = a^2 h$$

2.° Il momento analogo per la parte superiore della parete di altezza x

$$2hx \,.\, \frac{x}{2} = h x^2$$

3.° Il momento della resistenza d' attrito sui gangheri

$$fr\sqrt{(t^2 + u^2)}$$

essendo t l'urto sull'intera parete, u il peso di questa e dei gangheri.

Si ha poi

$$t = (a + x)\, 2h$$

$$u = pm\,(a + x) + q$$

E però la condizione dell'equilibrio nell'istante prossimo al moto sarà :

$$hx^2 = ha^2 + fr\sqrt{\left\{ 4h^2(a + x)^2 + (pm\,(a + x) + q)^2 \right\}}$$

od anche:

$$\left(\frac{h}{fr}\right)^2 \left(x^2 - a^2\right)^2 = 4h^2\left(a + x\right)^2 + \left(pm\,(a + x) + q\right)^2$$

Se ad esempio $h = 0^{d.m},5$, ossia la velocità del filone è di $1^m,00$, per $a = 1^{d.m.},5$; $r = 0^m,02$; $p = 0^{chil.}9$; $m = 0,5$; $q = 4^{chil.}$ l' equazione è soddisfatta assai prossimamente da $x = 0^m,16$.

Se la velocità nel filone fosse minore, ne risulterebbe un valore di x maggiore. Se fosse l' acqua stagnante cadrebbesi nel

caso dell' equilibrio statico pel quale $x = 0^m, 32$. Questo rimarco è indispensabile per poter assegnare l' altezza ai tavoloni che ne assicuri l'aprimento all'elevarsi delle acque, malgrado le cause agenti a ritardarlo o ad impedirlo, cioè la diminuzione della velocità della corrente nel passaggio ai punti più lontani dal filone, la ruggine o la imperfetta posizione dei gargani, le alterazioni di forma dei tavoloni e simili.

Milano, 15 luglio 1866.

Ing. Prof. ACHILLE CAVALLINI.

NOTA

SULL' ARGOMENTO DEL PRECEDENTE ARTICOLO.

Il problema di cui la soluzione può farsi dipendere dalla costruzione di una paratoja automobile è doppio. Trattasi in alcuni casi di ottenere in un tronco di canale un pelo d'acqua costante, sebbene sia variabile la quantità d'acqua che al medesimo affluisce; in altri di far defluire un volume d'acqua costante da un orificio rettangolare aperto in un tronco di canale nel quale il livello del pelo d'acqua è variabile. L'ingegnere Cavallini, nel precedente articolo, ha giustamente osservate le molte difficoltà che nella pratica presenta il problema, ed i varii tentativi fatti dagli idraulici per giungere ad una soluzione di esso, semplice, economica, di uso spedito e sicuro. Ma sono appunto queste ultime condizioni, le quali complicano siffattamente la questione che, mentre in certa guisa essa può dirsi teoricamente risolta in più modi, lascia ancora molto a desiderare dal punto di vista pratico. La paratoja automobile immaginata dal sig. Chaubart nel 1855 è attualmente raccomandata dai risultati favorevoli delle molte esperienze eseguite per ordine del Ministero dei lavori pubblici di Francia, una interessante relazione delle quali si legge nel fascicolo di novembre-dicembre degli annali di Ponti e Strade; ma la costruzione delle curve d'appoggio, che costituiscono la parte più importante di quel congegno, presenta ancora alcune difficoltà.

Come è noto, la paratoja automobile del sig. Chaubart appoggiasi contro due curve fisse ad un albero orizzontale e perpendicolare all'apertura; quelle curve devono essere descritte in modo che il pelo d'acqua essendo al livello massimo, la paratoia sia verticale ed il deflusso sia il convenuto, ed abbassandosi quel livello ed insieme ad esso il centro di pressione, la paratoja si inclini di tanto che l'aumento di altezza nell'apertura compensi la diminuzione del carico ed il deflusso rimanga costante.

Teoricamente la difficoltà del problema riducesi al tracciamento della curva che soddisfi a quelle condizioni; ma nella pratica ad essa si aggiugne quella di tenere la paratoja continuamente aderente alla curva e d'impedire che essa possa scivolare sulla curva, qualunque sia l'inclinazione della prima.

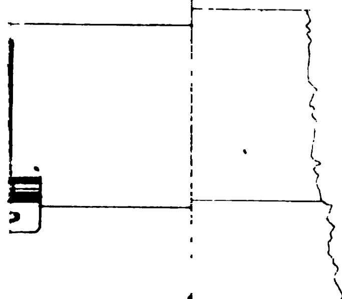
Le prime curve sperimentate dal signor Chaubart erano archi di circonferenza di m. 0, 375 di raggio, per un deflusso di tre metri cubi, il peso d'acqua essendo a m. 2, 50 sulla soglia dell'orificio, di cui la larghezza era di due metri. Però le curve date da una esatta soluzione del problema non sono archi circolari; il sig. Chaubart ha un proprio modo di tracciamento di quelle curve, da lui tenuto segreto; ma oltre la descrizione per punti già immaginata dal signor ing. Bresse, troviamo in continuazione della succitata relazione una memoria del sig. ing. Fargue, scopo della quale è appunto la determinazione di quelle curve, tanto nel caso che ritengasi costante il coefficiente di riduzione della portata, quanto nel caso che quel coefficiente si supponga variabile. L'equazione differenziale fra l'altezza dell'apertura e l'angolo di inclinazione all'orizzonte od alla verticale della paratoja, alla quale giunge il signor Fargue, presenta gravi difficoltà nell'integrazione; ma si può prescindere da essa facendo uso di due tavole unite alla memoria stessa, e corrispondenti ai due accennati casi, nelle quali per valori dell'angolo di inclinazione alla verticale compresi fra 0° e 50°, e crescenti di due in due gradi, sono calcolati tutti gli elementi che entrano in quella formola differenziale.

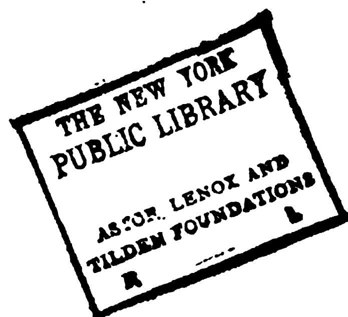
Noi rimandiamo il lettore a questo lavoro del sig. ing. Fargue ed alla citata relazione del sig. ing. Schloesing, alla quale sono anche uniti alcuni disegni indispensabili a concepire chiaramente il sistema immaginato da Chaubart, e le modificazioni introduttevi dal sig. Fargue per mantenere la paratoja a contatto colle curve; unico scopo di questa nota essendo quello di porre vieppiù in evidenza l'importanza dell'argomento delle paratoje automobili, e di indicare come in Francia, in quest'ultima decina d'anni, sia stato soggetto di molte interessanti ricerche ed abbia richiamato l'attenzione del governo.

F. Brioschi.

IMENT

mento spo





TEORIA ELEMENTARE

DELLE TRAVATURE ED ARMATURE RETICOLARI.

(Continuazione — Vedi *Politecnico*, fascicolo tecnico del giugno, pag. 524).

Abbiamo ottenuto le formole

$$(1)\ \text{max.}\ M_x = \frac{p\,d}{2}(l\,x - x^2) \qquad (2)\ \text{min.}\ M_x = \frac{p\,d}{2}\ (l\,x - x^2)$$

$$(3)\quad (\text{max.} \pm)\ F_{x-1} = \frac{p}{2}\ (l + 1 - 2\,x) + \frac{p'\,x}{2\,l}(x - 1)$$

le quali danno i valori limiti del momento e della forza verticale nell'X$^{mo.}$ intervallo, dipendentemente dalla disposizione dei carichi mobili.

Cerchiamo ora i massimi per le singole parti d'una travatura.

Per le Tavole: essendo N_x la compressione o tensione orizzontale delle medesime nell'$x^{mo.}$ intervallo ed h_x l'altezza della travatura nella sezione di pari numero, abbiamo,

$$N_x = \frac{M_x}{h_x}$$

la quale mediante le (1) (2) dà

$$(4)\quad \begin{cases} \text{max.}\ N_x = \dfrac{p\,d}{2\,h_x}\ (l\,x - x^2) \\[2ex] \text{min.}\ N_x = \dfrac{p\,d}{2\,h_x}\ (l\,x - x^2) \end{cases}$$

Questi valori, sostituiti nelle espressioni di C_x e di T_x danno i massimi ed i minimi sforzi a cui sono sottoposte le tavole nell'intervallo $x^{mo.}$, sforzi che sono sempre di tensione pei tronchi della tavola superiore e di compressione per gli inferiori.

E poichè

$$C_x = \frac{N_x}{\cos.\alpha_x} \qquad T_x = \frac{N_{x-1}}{\cos.\beta_x}$$

risultano

$$\max.\ C_x = \frac{P d}{2 h_x \cos.\alpha_x} (l x - x^2)$$

$$\max\ T_x = \frac{P d}{2 h_{x-1} \cos.\beta_x} \left[l(x-1) - (x-1)^2 \right]$$

(5) fino al mezzo della travatura ed analogamente

$$\min.\ C_x = \frac{p d}{2 h_x \cos.\alpha_x} (l x - x^2)$$

$$\min.\ T_x = \frac{p d}{2 h_{x-1} \cos.\beta_x} \left[l(x-1) - (x-1)^2 \right]$$

pure fino al mezzo.

Passiamo alle saette ed alle aste, i cui valori dipendendo dalla variazione dei momenti fra gli intervalli contigui, ossia dalla forza verticale corrispondente all' intervallo che si considera, saranno perciò massimi quando il sovraccarico si stenda dall' intervallo considerato, esso escluso, all'appoggio più lontano.

Se nella espressione generale

$$F_0 = \frac{l-1}{2} p + \frac{l-\lambda}{2 l} (l - \lambda + 1) p'$$

facciamo $\lambda = x$ otterremo la reazione dell'appoggio sinistro nella ipotesi precedente: e sostituendone il valore nella

$$N_x = \frac{d}{h_x}\left[F_0\, x - x\frac{(x-1)}{2}\, p\right]$$

si avrà evidentemente il valore particolare di N_x corrispondente a quella ipotesi di disposizione del sovraccarico che dà il massimo di F nell'intervallo $x^{mo.}$: indicando con max. min. N_x il valore che ne risulta sarebbe

$$\text{max. min.}\, N_x = \frac{d}{h_x}\left[\left(\frac{l-1}{2}p + \frac{l-x}{2l}(l-x+1)p'\right) x - x\frac{(x-1)}{2}\, p\right]$$

(6) e per conseguenza

$$\text{max. min.}\, N_{x-1} = \frac{d}{h_{x-1}}\left[\left(\frac{l-1}{2}p + \frac{l-x}{2l}(l-x+1)p'\right)(x-1) - \right.$$
$$\left. - \frac{(x-1)(x-2)}{2}\, p\right]$$

sarebbe il valore di N per l'intervallo precedente a quello nel quale F ha il suo massimo valore.

Ora lo sforzo sulla saetta $x^{ma.}$ è dato in generale dalla

$$S_x = \frac{1}{\cos.\gamma_x}(N_x - N_{x-1})$$

Quindi sarà

$$(7)\quad (\text{max.} \pm)\, S_x = \frac{1}{\cos.\gamma_x}\left[\text{max. min. } N_x - \text{max. min } N_{x-1}\right]$$

Questo valore potrà evidentemente essere positivo o negativo, secondochè max. min. $N_x > 0 <$ max. min. N_{x-1}; ma come lo sforzo sulla saetta dipende dalla forza tagliante, si vede che il cambiamento di segno di S deve coincidere con quello di F. Ma col cambiar di segno, lo sforzo S cambia naturalmente di direzione, ossia si rovescia: quindi, affinchè tutte sopportino sforzi di egual natura, alcune saette dovranno avere direzione opposta alle altre. Fin qui per quanto è dovuto ai sovraccarichi scorrenti in un

senso: per sovraccarichi mobili, diretti in senso inverso, si otterranno necessariamente per S_x simmetricamente gli stessi valori corrispondenti all'ipotesi contraria, ma di segno opposto.

Ne segue che, tenuto conto di ambe le ipotesi, S_x potrà in generale avere due valori limiti di segno opposto, indicanti un rovesciamento dello sforzo sulla saetta medesima, dovuto al cambiamento di direzione dei sovraccarichi: ossia ne risulta un fatto di grandissima importanza nella costruzione dei ponti ad armatura reticolare semplice, soggetti ai carichi mobili percorrenti in ambe le direzioni: ed è che mentre una travatura uniformemente aggravata o caricata da una sola parte, ciascuna delle saette sopporta uno sforzo di natura costante, cioè pressione a tensione, lo sforzo medesimo si rovescia col cambiamento di direzione del carico mobile.

Dunque pei ponti che devono reggere ai carichi mobili, aggravanti successivamente i consecutivi intervalli e in ambe le direzioni, un sistema di traliccio composto di semplici saette, non è sufficiente a garantirne l'invariabilità della forma, perchè, o i membri sono di legnami e sono atti a sopportare sole pressioni; o sono di ferro e conviene sopportino sole tensioni: ossia, per carichi uniformi, è sufficiente un traliccio semplice, mentre non lo è pei carichi mobili.

Quando però i due valori limiti accennati, avessero pari segno, unico sarà il massimo, positivo o negativo: qualunque siasi la direzione del sovraccarico, lo sforzo sulle saette per le quali questo si verifica sarà solamente pressione o tensione. Ciò ha luogo intanto per la prima saetta. Infatti dalla (7) si ha:

$$\text{max. } S_{,} = \frac{1}{\cos. \gamma_{,}} \text{ max. } N_{,}$$

perchè $N_{\bullet}$ è costantemente nullo e perchè il max. min. di $N_{,}$ corrispondendo a un sovraccarico generale, è effettivamente il massimo. E sostituendo per max. $N_{,}$ il suo valore (4) si ha:

$$\text{(8)} \qquad \text{max. } S_{,} = \frac{P d}{2 \cos. \gamma_{,} h_{,}} (l - 1)$$

pei carichi scorrenti da destra a sinistra: e per l'ipotesi opposta

$$\text{min. } S_{,} = \frac{p d}{2 \cos. \gamma_{,} h_{,}} (l - 1)$$

Gli stessi valori, ma di segno contrario, saranno anche il massimo ed il minimo di S_1.

Passiamo a considerare le aste: per esse abbiamo ottenuto (vedi num. preced.) la formola generale:

$$A_x = C_{x+1} \text{ sen.} \alpha_{x+1} \pm C_x \text{ sen.} \alpha_x \pm S_{x+1} \text{ sen.} \gamma_{x+1}$$

Cambio $x + 1$ in x

$$A_{x-1} = C_x \text{ sen.} \alpha_x \pm C_{x-1} \text{ sen.} \alpha_{x-1} \pm S_x \text{ sen.} \gamma_x$$

ed essendo

$$C_x = \frac{N_x}{\cos. \alpha_x} \qquad S_x = \frac{N_x - N_{x-1}}{\cos. \gamma_x}$$

ne risulta

$$(9) \qquad A_{x-1} = N_x (\text{tang.} \alpha_x \pm \text{tang.} \gamma_x) \mp$$
$$\mp N_{x-1} (\text{tang.} \alpha_{x-1} \pm \text{tang.} \gamma_x)$$

e per conseguenza

$$\text{max. min. } A_{x-1} = \text{max. min. } N_x (\text{tang.} \alpha_x \pm \text{tang.} \gamma_x) -$$
$$- \text{max. min. } N_{x-1} (\text{tang.} \alpha_{x-1} \pm \text{tang.} \gamma_x)$$

la scelta dei segni dipendendo dalla forma del sistema. In un sistema semplice, lo sforzo sulle aste è sempre opposto a quello corrispondente alle saette: ma le osservazioni fatte su queste, s'applicano evidentemente anche alle prime, alle quali pur anco corrisponderanno dunque in generale due valori limiti, positivo l'uno, negativo l'altro. Taluna però sarà sempre compressa o sempre tesa: per esempio le estreme corrispondenti agli appoggi.

Infatti si ha dalla (9) per l'asta corrispondente all'appoggio sinistro ed osservando la (fig. 1.ª, Tav. I.ª)

$$\text{max. } A_0 = \text{max. } N_1 \left\{ \text{tang.} \alpha_1 + \text{tang.} \gamma_1 \right\}$$

e sostituendovi il valor trovato di $N_,$

$$\max.\ A_0 = \frac{Pd}{2h_,}(l-1)\left[\operatorname{tang}.\alpha_, + \operatorname{tang}.\gamma_,\right]$$

Ma:

$$\frac{1}{h_,}\left[\operatorname{tang}.\alpha_, + \operatorname{tang}.\gamma_,\right] = \frac{1}{d}$$

dunque

$$(\alpha) \qquad \max.\ A_0 = P\,\frac{(l-1)}{2}$$

che è il massimo già precedentemente trovato (pag. 555 del numero precedente) della forza verticale su l'appoggio sinistro.

Se le saette avessero la direzione contraria (fig. 2) sarebbe:

$$\max.\ A_0 = \frac{P\,d}{2h_,}(l-1)\left[\operatorname{tang}.\alpha_, + \operatorname{tang}.\beta_,\right]$$

che si deduce dalla condizione della immobilità del punto b (fig. 2), mentre la prima da quella del punto a (fig. 1).
E poichè:

$$\frac{1}{h}\left[\operatorname{tang}.\alpha_, + \operatorname{tang}.\beta_,\right] = \frac{1}{d}$$

si ottiene per $A_,$ ancora la (α).

Pei carichi scorrenti da sinistra a destra s'avrebbe:

$$(\beta) \qquad \min.\ A_0 = \frac{p\,(l-1)}{2},$$

massimo valore pure già precedentemente trovato, della forza verticale su l'appoggio destro.

Gli stessi valori (α) (β), ma col segno negativo, danno evidentemente il massimo ed il minimo di A_{l+1}.

Se le saette sono disposte simmetricamente rispetto al mezzo della travatura, allora l'asta mediana per intervalli pari, oppure le due comprendenti l'intervallo medio, se il loro numero è dispari, sono sottoposte ad uno sforzo limite, quando il carico mobile occupi tutta quanta la travatura.

Infatti: le saette siano dirette da sinistra a destra per la prima metà della trave, come nella (fig. 5,) ed i carichi siano applicati ai vertici inferiori. Considerando il punto *a* (fig. 3) vedesi che non facendovi capo alcuna saetta, l' asta deve resistere alla sola componente verticale dello sforzo agente sulle tavole *am*, *an*; ma poichè queste sono ambe compresse e dirette oppostamente, lo sforzo sull'asta è la somma delle due componenti, ed è un massimo perchè è un massimo la compressione delle tavole per un carico generale. Sia p il numero dell' asta mediana.

Sarà:

$$\text{max. } A_p = -2 \text{ max. } C_p \text{ sen. } \alpha_p$$

e sostituendovi per max. C_p il suo valore

$$\text{max. } A_p = -\text{tang. } \alpha_p \frac{P\,d}{h\,p}(lp - p^2)$$

E se i carichi insistessero invece ai vertici superiori:

$$\text{max. } A_p = P - \text{tang. } \alpha_p \frac{P\,d}{h\,p}(lp - p^2)$$

Se finalmente le saette avessero la opposta direzione (fig. 4) non si avrebbe pei due casi che a cambiare tang. α_p in tang. β_p perchè si considererebbe il punto b.

Passiamo ora a considerare travature di diverse forme e ad applicare a casi particolari le formole sin qui trovate.

1.° Sia dapprima una travatura a tavole rettilinee e parallele ed a diagonali semplici dirette da sinistra a destra (fig. 5).

Saranno $\alpha = \beta = 0$ l' angolo γ_x costante, e l' altezza della travatura pure costante, li indichiamo rispettivamente con γ e con h.

Per le tavole, rammentando la (5) avremo:

$$\text{max. } C_x = \frac{P\,d}{2\,h}(lx - x^2)$$

$$(a) \qquad \text{max. } T_x = \frac{P\,d}{2\,h}\left[l(x-1) - (x-1)^2\right]$$

$$\text{min. } C_x = \frac{p\,d}{2\,h}(lx - x^2)$$

$$(b) \qquad \text{min. } T_x = \frac{p\,d}{2\,h}\left[l(x-1) - (x-1)^2\right]$$

Per le saette, il loro valore per questa forma di travatura è dato dalla formola [(3) pag. 540 del num. precedente.]

$$S_x = F_{x-1} \frac{d}{h \cos. \gamma}$$

ossia, indicando con S la lunghezza delle saette

$$S_x = F_{x-1} \frac{S}{h}$$

e sostituendovi il valore (max. $\pm$) F_{x-1} dato dalla (3)

$$(\text{max.} \pm)\, S_x = \frac{S}{h} \left[\frac{p}{2}(l+1-2x) + \frac{p'x}{2l}(x-1) \right]$$

la quale per $x=1$ ed $x=l$ riproduce i valori già trovati precedentemente (8) di max. S_1 e min. S_l.

Finalmente: per le aste, rammentando le (α) (β) si hanno già:

$$\text{max.}\, A_0 = P\frac{(l-1)}{2} = -\,\text{max.}\, A_{l+1}$$

$$\text{min.}\, A_0 = p\frac{(l-1)}{2} = -\,\text{min.}\, A_{l+1}$$

Per le aste intermedie conviene osservare che potendo l' armatura essere pénsile oppure di sostegno, i carichi ed i sovraccarichi ponno essere applicati tanto ai vertici superiori quanto agli inferiori od anco finalmente in un punto intermedio.

Se il piano stradale è collocato al disopra della travatura (fig. 6) in allora considerando il punto b, vedesi che:

$$(m) \qquad A_x = F_{x-1}$$

Se invece il palco è applicato per disotto, considerando il punto a:

$$(n) \qquad A_x = F_x$$

formole già ottenute in altra applicazione (pag. 540 num. precedente.) In ambi questi casi l'asta è compressa. Se finalmente i carichi in un col palco fossero applicati in un punto intermedio c (fig. 8) l'asta potrebbe essere in parte compressa, in parte tesa, ed in allora, per la parte superiore, lo sforzo sarebbe dato

dalla (m) e per la parte inferiore dalla (n). Sarà dunque in generale:

$$(\max. \pm)\ A_{x-1} \text{ oppure } A_x = \frac{P}{2}(l+1-2x) + \frac{p'x}{2l}(x-1)$$

Esempio. Sia l, numero degli intervalli eguale ad 8, $d = 2^m,00$, $h = 2^m,00$; $p = 1000^k$; $p' = 5000^k$, e per conseguenza $P = 6000.^k$ I carichi siano applicati ai vertici superiori (1) si avranno:

$$\max. C_x = 3000\,(8x - x^2)$$

$$\min. C_x = 500\,(8x - x)$$

$$\max. T_x = 3000\,[8(x-1) - (x-1)^2]$$

$$\min. T_x = 500\,[8(x-1) - (x-1)^2]$$

$$(\max. \pm)\ S_x = \frac{1}{0,707}\left[3000(9-2x) + 312,50(x-1)x\right]$$

e finalmente:

$$\max. A_0 = -\max. A_{l+1} = 21000$$

$$\min. A_0 = -\min. A_{l+1} = 3500$$

$$(\max. \pm)\ A_x = 3000\,(9-2x) + 312,50\,(x-1)\,x.$$

I risultati numerici che se ne ottengono sono i scritti nella fig. 5, tav. 1,ª nella quale si sono però ommessi i minimi assoluti.

Se si avesse a considerare l'immagine della fig. 5, riflessa da uno specchio, essa presenterebbe evidentemente i valori limiti corrispondenti alla travatura rovescia, cioè a saetta del sistema opposto.

Ora, l'ispezione della fig. 5, dimostra che le prime due saette a destra e le ultime due a sinistra avendo un massimo unico,

(1) Abbiamo preso appositamente questo esempio dal lavoro del Ritter « Elem. Théorie eiserner Dach und Brücken. Construc, onde ciascuno possa confrontare i nostri risultati con quelli del Ritter ottenuti con metodo assai diverso, risultati che sono identici.

sono sottomesse costantemente ad uno sforzo unico, le prime di tensione, le seconde di compressione, qualunque siasi la direzione del carico mobile, mentre quelle dei quattro altri intervalli, sono a vicenda tese e compresse. Ne risulta che se la costruzione è in tal modo eseguita, e con tale materiale, come per esempio il ferro, per cui le saette non possano o non debbano andar soggette che ad uno sforzo di tensione, bisognerà, per assicurare l'invariabilità di forma nel sistema, introdurvi le seguenti variazioni.

1.° In tutti gli intervalli, nei quali la diagonale è sempre compressa, bisognerà sostituirla con una di opposta direzione.

2.° In tutti gli intervalli in cui le diagonali sono a vicenda tese e compresse, converrà introdurvi una diagonale di ambi i sistemi, cosicchè la tensione di ciascuna distrugga la compressione a cui dovrebbe andar soggetta l'altra se fosse sola.

Dunque, nella precedente ipotesi circa il materiale ed il modo di resistere delle saette converrà che la travatura si componga come lo mostra la fig. 9.

Se al contrario, la travatura si componesse di un materiale, come il legname, al quale stante il modo con cui le saette sono assicurate alle tavole, le prime non possono vantaggiosamente resistere che alla compressione, converrà che la travatura si componga come nella fig. 10.

È bensì vero che una diagonale qualunque non può subire un allungamento, senza che quella del sistema opposto non sopporti un eguale accorciamento, ma colla introduzione delle doppie saette, aventi una sezione trasversa opportuna, gli allungamenti ed accorciamenti effettivi del materiale ai quali solamente è dovuta la flessione della travatura, diventano così piccoli, da potersi ritenere che mentre una delle saette è in azione l'altra rimanga affatto inerte.

Quanto alle aste, nel primo caso saranno solamente compresse, nel secondo solamente tese, quindi in ambi vi corrisponde un massimo unico.

Se i carichi invece di essere applicati alla parte superiore lo fossero al di sotto, cioè se la travatura invece di essere di sostegno, fosse pensile, gli sforzi sulle tavole e sulle saette rimangono gli stessi, variando solo quelli sulle aste, che come fu già osservato sarebbero dati dalla

$$(max.\pm)\, A_x = \frac{p}{2}\,(l + 1 - 2\,x) + \frac{p'\,x}{2\,l}\,(x - 1)$$

ossia i valori rimangono i medesimi ma ciascuno si trasporta sull'asta seguente.

Se finalmente le saette fossero oppostamente inclinate da destra a sinistra della sezione media, come nella fig. 11, gli sforzi risultando simmetricamente uguali nelle due metà, basta calcolarne i valori per la semi-travatura. In allora lo sforzo sull'asta mediana sarà: nullo se la travatura è pensile e le saette della parte sinistra sono dirette da destra a sinistra, oppure se essendo i carichi applicati per di sotto, le saette abbiano la direzione opposta (vedi fig. 12 e 13) e sarà invece eguale a $\pm P$ nei casi simmetricamente opposti ai considerati (fig. 14 e 15).

Quando poi la travatura fosse a doppie saette e costrutta in modo tale che ciascuna sia capace di resistere tanto alla tensione quanto alla compressione, se ne otterrebbero gli sforzi sulle singole parti, considerandola come il risultato della sovrapposizione di due sistemi semplici ciascuno dimezzato in uno coi carichi; gli sforzi sulle tavole di un intervallo diventano in allora eguali tra loro e ciascuno è la media geometrica di quelli agenti sui tronchi che furono sovrapposti: gli sforzi sulle saette avranno in generale due valori limiti, e finalmente sulle aste non agirà che il carico $\pm \frac{P}{2}$ secondo che è applicato in basso od in alto (vedi fig. 16.)

Che se i carichi fossero applicati in un punto intermedio delle aste, la loro parte superiore darebbe tesa di $\frac{P}{2}$, e l'inferiore compressa d'altrettanto.

II. Come seconda applicazione, consideriamo una travatura parabolica a tavola inferiore rettilinea. Indicando con f l'ordinata massima della parabola costituente la tavola superiore, sia

$$(p) \qquad h_x = \frac{4f}{l^2} x (l - x)$$

l'equazione della medesima.

Per le tavole: le equazioni (4) diventano in questo caso

$$max.\, N_x = \frac{dP}{8f} l^2 \qquad min.\, N_x = \frac{dp}{8f} l^2$$

La componente orizzontale dello sforzo sulle tavole, è dunque costante: essa è la spinta orizzontale della struttura. In allora

$N_x - N_{x-1} = 0$ dunque nella travatura parabolica aggravata uniformemente, lo sforzo sulle saette è nullo.

Indicando rispettivamente con c_x e t_x le lunghezze dei successivi tronchi delle due tavole di un intervallo qualunque, risulteranno

$$(a)\ max.\ C_x = \frac{P l^2}{8 f} c_x \qquad (o)\ max.\ T_x = \frac{P l^2}{8 f} t_x$$

$$min.\ C_x = \frac{p l^2}{8 f} c_x \qquad min.\ T_x = \frac{p l^2}{8 f} t_x$$

Essendo inerti le saette per un carico uniforme, le aste resisteranno in questo caso alla semplice componente verticale degli sforzi sulle tavole. In allora dalla considerazione di uno qualunque dei vertici a, b, (fig. 17) si deduce

$$max.\ A_x = -P.$$

Ripigliando ora le equazioni (b) ordinandole rispetto ad x, sostituendovi per h_x ed h_{x-1} i valori dedotti dalla (p) ed eseguendo le divisioni che risultano indicate, si ottengono le seguenti

$$(q) \qquad max.\ min.\ N_x = \frac{d\ l}{8\ f}\left[P l - p' x + p'\right]$$

$$(r) \qquad max.\ min.\ N_{x-1} = \frac{d\ l}{8\ f}\left[P l - p' x\right]$$

le quali dimostrano che *max. min.* N_x è sempre maggiore di *max. min.* N_{x-1} e per conseguenza pei carichi scorrenti da destra a sinistra, tutte le saette subiscono uno sforzo d'egual natura, il quale si rovescia quando il carico mobile scorra nella direzione opposta: saranno poi in una della ipotesi tutte compresse o tutte tese, secondochè appartengono all'uno o all'altro dei due sistemi di saette.

Sostituendo i valori (q) (r) nella (7) si ottiene.

$$(s) \qquad (max.\ \pm)\ S_x = \frac{l p'}{8 f} s_x$$

Rimangono da trovare i massimi per le aste. Intanto: essendo i carichi applicati alla tavola rettilinea, risultano evidentemente considerando il punto b (fig. 17)

$$max.\ A_{,} = max.\ A_1 = P. \qquad min.\ A_{,} = min.\ A_1 = p$$

Per le altre, si consideri il vertice superiore *a* ritenute positive le tensioni. Si ottiene:

$$A_{x-1} = C_{x-1}\ sen.\ \alpha_{x-1} - C_x\ sen.\ \alpha_x - S_x\ sen.\ \gamma_x$$

e sostituendovi i valori di C_x, C_{x-1} ed S_x e raccogliendo si ha

$$A_{x-1} = N_{x-1}(tang.\ \alpha_{x-1} + tang.\ \gamma_x) - N_x(tang.\ \alpha_x + tang.\ \gamma_x)$$

Ma

$$h_x - h_{x-1} = d\ tang.\ \alpha_x \qquad h_{x-1} = d\ tang.\ \gamma_x$$

per cui

$$(0) \qquad A_{x-1} = \frac{1}{d}\Big[N_{x-1}(2\,h_{x-1} - h_{x-2}) - N_x\,h_x\Big]$$

che mediante i valori di h_x h_{x-1} h_{x-2} dati dalla (p) si riduce alla

$$A_{x-1} = \frac{4\,f}{l^2\,d}\Big[N_{x-1}(l\,x - x^2 + 2) - N_x(l\,x - x^2)\Big]$$

e finalmente, ponendoci i valori di max. min. N_x e max. min. N_{x-1} dati dalle (q) (r), si ottiene riducendo

$$(t) \qquad (\text{max.} -)\ A_{x-1} = \frac{p'\,x^2}{2\,l} - p'x\,\frac{(l+2)}{l^2} + P$$

Per avere i massimi positivi si rovesci l'armatura da destra a sinistra, considerando la fig. 18, e si considerino i carichi come provenienti dall'appoggio destro: in un modo analogo ai precedenti si ottiene la formola

$$(0') \quad A_{1-x} = \frac{1}{d}\Big[N_x(2\,h_x - h_{x+1}) - N_{x-1}\,h_{x-1}\Big]$$

dalla quale mediante le opportune sostituzioni si ha

$$(u) \qquad (\text{max.}+)\, A_{l-x} = -\frac{p'\,x^2}{2\,l} + \frac{p'x}{2} - \frac{p'}{2\,l}\,(l-1) + P.$$

Ne risulta: che un'asta qualunque subisce la massima compressione quando il sovraccarico mobile copre tutti i vertici a destra di quello corrispondente all'asta che si considera, e viceversa subisce la massima tensione quando il sovraccarico copre tutti i vertici a sinistra: avviene naturalmente il rovescio, se le saette hanno l'opposta direzione.

Esempio. Siano $l = 8 \quad d = 2^{m.}00 \quad f = 2^{m.}00$.

La figura 19 dà lo schema della travatura colle dimensioni delle singole parti, e la seguente fig. 20 dà i risultati ottenuti mediante le (p) (n) (o) (q) (r) (s) (t) (u) che si riducono alle seguenti:

$$h_x = 0,125\, x\,(8 - x)\,.$$

$$\text{max. } C_x = 24000\, c_x \qquad \text{max. } T_x = 24000\, t_x$$

$$\text{min. } C_x = 4000\, c_x \qquad \text{min. } T_x = 4000\, t_x$$

$$\text{max. min. } N_x = 53000 - 5000\, x.$$

$$\text{max. min. } N_{x-1} = 48000 - 5000\, x\,.$$

$$(\text{max. } \pm)\, S_x = 2500\, S_x\,.$$

$$(\text{max. } -)\, A_{x-1} = 312,50\, x^2 - 312,50\, x + 6000$$

$$(\text{max. } +)\, A_{l-x} = -312,50\, x^2 + 2500\, x + 3812,50\,.$$

Rovesciando la fig. 20 da destra a sinistra, essa darebbe i massimi per la stessa travatura avente le saette dell'opposto sistema.

Se le saette sono inclinate oppostamente da destra a sinistra della sezione media, si calcolerà la sola metà della travatura come nell'applicazione precedente.

Facendo rotare la trave della fig. 20 attorno alla corda *AB*, si ottiene la travatura della fig. 21; gli sforzi delle varie sue parti rimangono i medesimi, ma ciascuno cambia di segno.

Quanto al sistema a doppie saette, si potrebbero ripetere le

considerazioni fatte nell'applicazione precedente per riguardo al materiale di cui ponno essere composte, e quindi al modo speciale di resistere: abbiamo ommesse le figure relative perchè ci sembravano una inutile ripetizione.

III.° Consideriamo ora una travatura a doppia parabola (fig. 22) avente i carichi applicati ai vertici superiori.

L'equazione di ambe le parabole, riferite alla orizzontale delle imposte assunta come asse delle x, sia $y = q\, x\, (l - x)$, e detto $\frac{f}{2}$ la massima saetta di ciascuna $y = \frac{2f}{l^2}\, x\, (l - x)$
Quindi

$$(\alpha) \qquad h_x = \frac{4f}{l^2}\, x\, (l - x).$$

Avremo: per le tavole

$$\text{max. } C_x = \frac{Pl^2}{8f} c_x \qquad \text{max. } T_x = \frac{Pl^2}{8f} \cdot t_x$$

$$\text{min. } C_x = \frac{pl^2}{8f} \cdot c_x \qquad \text{min. } C_x = \frac{pl^2}{8f} \cdot t_x$$

Per carichi uniformi, è nullo, come nella precedente applicazione, lo sforzo sulle saette; per carichi parziali s'hanno ancora per max. min. N_x e max. min. N_{x-1} i valori (*q*) (*r*) e per conseguenza le saette non subiscono che un unico sforzo di pressione o di trazione secondo che appartengono all'uno o all'altro sistema.

Quindi

$$(\text{max.} \pm)\, S_{x+1} = \frac{p'l}{8f} S_x$$

Quanto alle aste, la condizione d'immobilità del punto *b* (fig. 23) Tav. 2.ª esige che sia soddisfatta l'equazione:

$$A_{x+1} = T_x \text{ sen. } \beta_x + S_x \text{ sen. } \gamma_x - T_{x+1} \text{ sen. } \beta_{x+1}$$

ossia

$$A_{x+1} = N_x\, [\text{tang. } \gamma_x - \text{tang. } \beta_{x+1}] -$$

$$- N_{x-1}\, [\text{tang. } \gamma_x - \text{tang. } \beta_x]$$

Ma

$$\frac{1}{2}(h_x - h_{x-1}) = d \text{ tang. } \beta_x$$

$$\frac{1}{2}(3h_x - h_{x-1}) = d \text{ tang. } \gamma_x$$

Sostituendo questi valori, poi quelli di h_x ed h_{x-1} dedotti dalla (α) e finalmente i valori di max. min. N_x, max. min. N_{x-1} si ottiene riducendo

$$(\text{max.} \pm) A_{x+1} = -\frac{p' x^2}{2l} + \frac{p' x}{2l}(l-1) + \frac{P}{2} + \frac{p'}{2l}$$

Esempio. — Siano ancora $l = 8$ $d = 2^{m\cdot}00$ $f = 2^{m\cdot}00$ $p = 1000^{k\cdot}$, $p' = 5000^{k\cdot}$ Nella figura 22 tav. 1.ª vedesi lo schema della travatura: la fig. 24 tav. 2.ª indica i massimi sforzi sui singoli membri ottenuti mediante le superiori equazioni, le quali danno:

$$\text{max. } C_x = 24000 \; . \; c_x \qquad \text{max. } T_x = 24000 \; . \; t_x$$

$$\text{min. } C_x = 4000 \; . \; c_x \qquad \text{min. } T_x = 4000 \; t_x$$

$$(\text{max.} \pm) S_x = 2500 \; . \; S_x$$

$(\text{max.} \pm) A_{x+1} = -312,50\, x^2 + 2187,50\, x + 3312,50$ in cui x ha i successivi valori da 0 a 6.

Sovrapponendo due travature eguali alle considerate (fig. 24), ma a saette di direzione opposta, si hanno i massimi per quella a doppie saette (fig. 25).

IV. Passiamo a considerare una Capriata metallica di modello inglese a doppio poligono ciascuno iscritto in una parabola (fig. 26).

I carichi siano applicati ai vertici superiori.

Siano: f, la massima ordinata della parabola esterna: f', quella dell'interna ed analogamente, siano y_x ed y'_x le ordinate di ciascuna, corrispondente al vertice $x^{mo\cdot}$

Saranno allora

$$y_x = \frac{4f}{l^2 - 1}(l - x) \qquad (x)$$

$$y'_x = \frac{4f'}{l^2-1} x (l-x) \qquad (y)$$

le equazioni delle due parabole circoscritte.

Ma poichè $h_x = y_x - y'_x$ risulta

$$h_x = \frac{4(f-f')}{l^2-1} x (l-x). \qquad (z)$$

Per le tavole s' avranno i valori

$$\text{max. } C_x = \frac{P(l^2-1)}{8(f-f')} c_x \qquad \text{max. } T_x = \frac{P(l^2-1)}{8(f-f')} t_x$$

$$\text{min. } T_x = \frac{p(l^2-1)}{8(f-f')} c_x \qquad \text{min. } T_x = \frac{p(l^2-1)}{8(f-f')} t_x.$$

essendo

$$\text{max. } N_x = \frac{d\,P(l^2-1)}{8(f-f')} \qquad \text{min. } N_x = \frac{d\,p(l^2-1)}{8(f-f')}$$

Anche in questo caso, essendo N_x costante quando la capriata è aggravata uniformemente su tutta la lunghezza, ne risulta che tutte le saette sono inerti ognivolta che non agiscono carichi straordinarii accidentali, come il peso della neve, la pressione del vento od altro.

In allora lo sforzo sulle aste riducesi alle componenti di quelli agenti sulle tavole.

Infatti si ha in allora, considerando il punto b (fig. 28)
$A_x = T_{x+1} \text{ sen. } \beta_{x+1} - T_x \text{ sen. } \beta_x = N_x [\text{tang. } \beta_{x+1} - \text{tang. } \beta_x]$
dalla quale mediante le opportune sostituzioni si ha

$$\text{max. } A_x = \frac{f'}{(f-f')} P$$

costante: e per conseguenza

$$\text{min. } A_x = \frac{f'}{4(f-f')}\, p$$

I valori max. min. N_x e max. min. N_{x-1} si ottengono con un calcolo analogo a quello delle precedenti applicazioni II[a] e III[a], e sono:

$$\text{max. min. } N_x = \frac{d\,(l^2-1)}{8\,l\,(f-f')} \left[P\,l - p'\,x + p'\right]$$

$$\text{max. min. } N_{x-1} = \frac{d\,(l^2-1)}{8\,l\,(f-f')} \left[P\,l - p'\,x\right]$$

mediante le quali si ottiene

$$(\text{max.} \pm)\ S_x = \frac{(l^2-1)\,p'}{8\,l\,(f-f')}\, s_x$$

per le saette.

Passiamo alle ricerche dei massimi sforzi sulle aste.

Pel punto b della fig. 29 si ha:

$$A_x = T_{x+1} \text{ sen. } \beta_{x+1} - \text{sen. } T_x \text{ sen. } \beta_x + S_x \text{ sen. } \gamma_x.$$

dalla quale sostituendo i valori di T e di S

$$A_x = N_x\,[\text{tang.}\,\gamma_x + \text{tang.}\,\beta_{x+1}] - N_{x-1}\,[\text{tang.}\,\beta_x + \text{tang.}\,\gamma_x]$$

Ma

$$\text{tang. } \gamma_x = \frac{1}{d}\left(y_{x-1} - y'_{x-2}\right)$$

$$\text{tang. } \beta_{x+1} = \frac{1}{d}\left[y'_{x+1} - y'_x\right]$$

Sostituendo e riducendo si ha

$$A_x = (N_x - N_{x-1})\,h_{x-1} - N_x\,\frac{8\,f'}{(l^2-1)}$$

e quindi, mediante i valori precedenti di max. min. N_x, max. min. N_{x-1} si ottiene

$$(\text{max.}+)\, A_x = \frac{l^2-1}{8l(f-f')}\, p' \times h_{x-1} - \frac{f'}{l(f-f')}\left[Pl - p'(x-1)\right]$$

formando max. A_{x-1}, e sottraendola dalla precedente si ottiene

$$(\text{max.}+)\, A_x = (\text{max.}+)\, A_{x-1} + \frac{l^2-1}{8l(f-f')}\,(h_{x-1} - h_{x-2})\, p' + \frac{f'p'}{f(l-f')}$$

mediante la quale si trovano più celeremente i successivi valori di A_x, mentre serve anche di verifica.

Pei carichi scorrenti in senso contrario cioè da sinistra a destra, mediante un calcolo analogo all'eseguito nell'ultima applicazione si ottiene

$$(\text{max.}-)\, A_{l-x} = -\frac{l^2-1}{8l(f-f')}\, p' \times h_x - \frac{f'}{l(f-f')}\,(Pl - p'x)$$

dalla quale come precedentemente si ottiene

$$(\text{max.}-)\, A_{l-x} = (\text{max.}-)\, A_{l-x-1} - \frac{l^2-1}{8l(f-f')}\,(h_x - h_{x-1}) + \frac{f'p'}{l(f-f')}$$

Prenderemo ad esempio la capriata della tettoia nella stazione centrale di Birmingham.

L'ampiezza della capriata è 208 piedi pari a 63,^{m} 23; si compone di due poligoni iscritti in una parabola, collegati mediante saette incrociate ed aste che dividono l'insieme in 13 intervalli uguali (Vedi fig. 26), cosicchè $l = d = 16$ piedi $= 4^m, 86$ circa. Assumendo per unità l'ampiezza d di ciascun intervallo, si hanno:

$$f = 2,5\, d;\ f' = d.$$

La distanza fra due successive capriate è 24 piedi $= 7^m,296$. Il peso della copertura, escluso quello della capriata, ma compresi i carichi accidentali dovuti alla neve e al vento, è di circa 7500$^{k.}$ per ciascun intervallo, ed il peso proprio della capriata è di circa 1500$^{k.}$ pure per intervallo; cosicchè, a ciascuna delle aste verticali sono applicati 1500$^{k.}$ di carico permanente, e 7500$^{k.}$ di massimo carico accidentale. Le (x) (y) diventano:

$y = 0,0595\,(l-x)x. \qquad y' = 0,0238\,(l-x)x$ e la (z)

$$h_x = 0,0357\,x\,(l-x)\,d$$

La figura 26 presenta, dietro questi dati, le dimensioni d' ogni singola parte della capriata a saette singole, espresse in funzione di d, cioè: per avere la lunghezza effettiva di ciascun tronco bisognerebbe moltiplicare per d i numeri iscritti nella fig. 26.

Si hanno poi:

$$\text{max. } N_x = 126050,42.$$

$$\text{max. } C_x = 126050,42\,c_x \qquad \text{max. } T_x = 126050,42\,t_x.$$

$$\text{min. } C_x = 21000\,c_x \qquad \text{min. } T_x = 21000\,t_x.$$

$$\text{max. min. } N_x = 1,076\,d\,[117000 - 7500(x-1)]$$

$$\text{max. min.} N_{x-1} = 1,076\,d\,[117000 - 7500\,x.]$$

$$(\text{max. } \pm)\,S_x = 8076,75\,s_x.$$

e finalmente:

$$(\gamma)\ (\text{max. } +)\,A_x = 8070\,h_{x-1} - \frac{1}{19,5}[117000 - 7500(x-1)]$$

$$(\text{max. } +)\,A_x = (\text{max. } +)\,A_{x-1} + 8070(h_{x-1} - h_{x-2}) + 384,60.$$

$$(\delta) \qquad (\text{max.} -)\,A_{l-x} = -8070\,h_x - \frac{1}{19,5}[11700 - 7500x]$$

$$(\text{max.} -)\,A_{l-x} = (\text{max.} -)\,A_{l-x-1} - 8070(h_{x+1} - h_x) + 384,60.$$

I risultati numerici ottenuti da queste formole sono iscritti nella fig. 27, salvo i minimi assoluti, che come nelle precedenti applicazioni, furono anche in questa ommessi: questi risultati concordano quasi perfettamente con quelli ottenuti dal Ritter,

benchè con metodo affatto diverso; ad ogni modo il metodo da noi seguito permette una maggiore esattezza.

S'è ritenuto per dato che anche il carico per ciascun vertice dovuto al peso proprio, fosse in un coi carichi accidentali, applicato ai vertici superiori: il Ritter osserva giustamente esser questa ipotesi, alquanto inesatta, e che convenga ritenere che circa $\frac{1}{3}\,p = 500^{k\cdot}$ sia portato da ciascun dei vertici inferiori: questo carico di -500^{k} va aggiunto algebricamente a ciascuno dei risultati delle formole (γ) (δ). Si hanno così definitivamente per le aste, i massimi inscritti nella fig. 27.

Nella calcolazione della capriata si è tenuto per le saette (figure 26 e 27) una sola direzione, perchè collo schema che se ne ottiene (fig. 27) riesce facile il considerare il caso delle saette semplici, ma oppostamente inclinate a destra ed a sinistra dell' intervallo medio, e quello delle saette doppie incrociate, come ha luogo nelle capriate della tettoia di Birmingham.

Per tutti questi casi non si avrebbe che a ripetere le considerazioni già fatte per la travatura rettilinea nella 1.ª applicazione.

Nella figura 30 vedonsi inscritti i risultati dell' applicazione dei calcoli precedenti ad un'altra capriata d'egual modello, a doppie saette incrociate, e per la quale i dati sono:

$$l = 10 \quad d = 2 \quad p = 1000^{k}\,,\ p' = 6000^{k\cdot}$$

$$y = 0,04\,(l - x)\,x$$

l' equazione del poligono esterno;

$$y' = 0,015\,(l - x)\,x$$

quella dell'interno.

V.° Sia ora una capriata a puntoni rettilinei ed a tirante orizzontale divisa in un numero pari di intervalli, costituiti da aste verticali e saette semplici, simmetricamente inclinate da destra a sinistra del mezzo (fig. 31).

Sia H l'altezza totale della capriata. Si ha

$$h_x = d\,x\,\text{tang.}\,\alpha$$

e poichè

$$\text{tang. } \alpha = \frac{2\,H}{l\,d} \qquad h_x = \frac{2\,H}{l}\,x$$

colla quale e colla (4) pag. 1.ª si ottengono le

$$\text{max. } N_x = \frac{P\,d\,l}{4\,H}\,(l-x) \qquad \text{max. } N_{x-1} = \frac{P\,d\,l}{4\,H}\left[\,l-(x-1)\right]$$

Quindi

$$\text{max. } N_x - \text{max. } N_{x-1} = -\frac{P\,d\,l}{4\,H}$$

e per conseguenza

$$(a) \qquad \text{max. } S_x = -\frac{P\,l}{4H}\,S_x$$

$$(b) \quad \text{max. } C_x = \frac{P\,l}{4H}\,(l-x)\,c \qquad (c) \quad \text{max. } T_x = \frac{P\,l}{4H}\,(l-x).d.$$

essendo c la lunghezza costante di ciascuno dei tronchi del puntone: e finalmente

$$(d) \qquad \text{max. } A_x = \frac{P\,l}{4H}\,h_{x-1}$$

mentre per l'asta media, detta A_c è necessariamente

$$A_c = \frac{P\,l(l-2)}{H}$$

Non v' ha luogo in questo caso a considerare i carichi inegualmente ripartiti, perchè i massimi di ogni membro dipendono unicamente dai momenti.

Esempio: Sia $l = 12$ $d = 2^m{,}00$ $H = 6^m{,}00$.

Il carico per ogni vertice compresi il peso della neve e la pressione del vento sia $P = 1000^{k.}$

Le formole (a) (b) (c) (d) danno

$$\max.\ C_x = 1118\,(12 - x) \qquad \max.\ T_x = 1000\,(12 - x)$$

$$\max.\ S_x = -\,500.\ S_x \qquad \max.\ A_x = 500.\ h_{x-1}$$

I risultati delle calcolazioni sono iscritti nella fig. 31.

VI. Per ultima applicazione assumiamo una travatura avente la tavola superiore parabolica, l' inferiore rettilinea, provvista di aste anche nelle sezioni estreme ([1]) ed a saette semplici (fig. 32) essendo h_0 la lunghezza delle aste estreme ed f la massima saetta della parabola. Sarà

$$h_x = h_0 + \frac{4f}{l^2}\,(l - x)\,x.$$

quindi avremo le formole generali (5)

$$\max.\ C_x = \frac{P}{2hx}\,(lx - x^2).\ c_x \qquad \min.\ C_x = \frac{p}{2hx}\,(lx - x^2)\,c_x$$

$$\max.\ T_x = \frac{P}{2\,h_{x-1}}\left[\,l\,(x-1) - (x-1)^2\,\right]t_x$$

$$\min.\ T_x = \frac{P}{2\,h_{x-1}}\left[\,l\,(x-1) - (x-1)^2\,\right]t_x$$

i valori di max. min. N_x e max. min. N_{x-1} sono quelli dati dalla (b) calcolati i quali per tutti i valori di x si avranno quelli di S_x dalla

$$(\max. \pm)\ S_x = \frac{1}{\cos.\gamma_x}\left[\,\max.\min.\ N_x - \max.\min.\ N_{x-1}\,\right]$$

(1) Questa forma è più razionale di quella della 2.a applicazione: sugli appoggi il momento è nullo: ma la sezione della travatura non può per questo esser nulla perchè deve resistere al massimo della forza verticale corrispondente agli appoggi, che è anche il massimo valore di F per tutta la travatura ed eguale alla loro reazione totale

La formola (0) (pag. 29) dà (pressioni)

$$(\max. -) A_{x-1} = \frac{1}{d} \left[\max. \min. N_{x-1} (2 h_{x-1} - h_{x-2}) - \right.$$

$$\left. - \max. \min. N_x h_x \right]$$

e la (0') dà (tensioni)

$$(\max. +) A_{l-x} = \frac{1}{d} \left[\max. \min. N_x (2 h_x - h_{x+1}) - \right.$$

$$\left. - \max. \min. N_{x-1} h_{x-1} \right]$$

Finalmente per la 1.ª e l' ultima asta avremo i noti valori (α) (β) pag. 22.

$$\max. A_0 = P \frac{(l-1)}{2} \qquad \max. A_{l+1} = - P \frac{(l-1)}{2}$$

$$\min. A_{l+1} = p \frac{(l-1)}{2} \qquad \min. A_{l+1} = - p \frac{(l-1)}{2}$$

Esempio:

Siano $l = 10$ $d = 1$ $h_0 = 0{,}50$ $f = 0{,}50$.

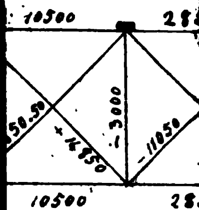
Allora

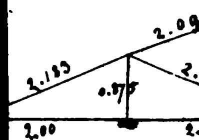
$$h_x = 0{,}5 + 0{,}2\, X - 0{,}02\, X^2$$

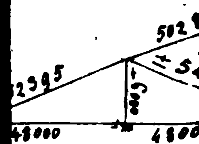
Vedansi alla fig. 33 i risultati numerici ottenuti colle formole superiori.

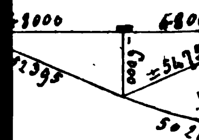
(*Continua*).

Ing. prof. C. Clericetti.


10500
-3000
-11050
10500


2.183
0.875
2.00


502
48000


-6000

CALCOLO

DELL' EFFETTO UTILE DINAMICO E PRATICO DEL SISTEMA FUNICOLARE

AGUDIO

E

confronto del medesimo col sistema della locomotiva ordinaria

e della locomotiva FELL.

Dopo la chiara ed erudita descrizione che l'egregio mio Collega Ing. Prof. G. Colombo espose nei fascicoli 2.° e 4.° di questa pubblicazione del *Politecnico* intorno al Locomotore funicolare ed ai perfezionamenti che vennero in esso introdotti, dietro la scorta delle esperienze del Dusino e del concorso intelligente degli uomini dell'arte distintissimi che portarono la loro attenzione su di esse, non posso nascondere la difficoltà che provo nel continuare io stesso, autore di questo trovato, l'opera intrapresa dal sullodato Professore.

Se non che la nobile missione che ora compie il Sig. Colombo di milite volontario, impedendogli dar seguito alla pubblicazione di questo lavoro, mi adoperai con ogni maggiore diligenza onde questa seconda parte, che abbraccia la discussione tecnica del sistema medesimo, non avesse a risultare troppo al di sotto della prima. Anzi, per renderla più proficua, ravvisai conveniente di trattare in essa tutti quei casi particolari che nelle varie applicazioni si sarebbero per avventura incontrati. Ed inoltre volli presentare un confronto fra l'effetto utile dinamico e pratico di questo sistema con quello della locomotiva ordinaria e della locomotiva Fell, avendosi per tutti e tre i sistemi sufficienti dati sperimentali, onde, in modo rigoroso, fosse determinata la reale portata di questi modi di trazione.

Prendiamo le mosse dalla determinazione dell'effetto utile dinamico del locomotore sulle pendenze dal 1 al 12 per %.

Resistenza a vincere sui

Pendenze	Gradi d'inclinazione della strada	Peso H dei convogli rimorchiati	Peso N dei locomotori rispettivi	Peso totale P dei convogli col locomotore	Resistenza del convoglio col locomotore $T = P \text{sen.} \alpha +$
		Tonn.	Tonn.	Tonn.	Chilog.
10 per ‰	$\alpha = 0.° 36'$	$H = 300$	$N = 15,0$	$P = 315,0$	$T = 4800$
20 »	1.° 9'	250	15,0	265,0	6890
30 »	1.° 45'	195	15,0	210,0	7560
40 »	2.° 19'	160	15,0	175,0	8049
50 »	2.° 51'	150	15,5	165,5	9260
60 »	3.° 27'	140	16,0	166,0	10290
70 »	4.° 00'	130	16,5	146.5	11126
80 »	4.° 37'	120	17,0	137,0	11775
90 »	5.° 9'	110	17,5	127,0	12230
100 »	5.° 41'	100	18,0	118,0	12490
110 »	6.° 22'	92,5	18,0	110,5	12496
120 »	6.° 56'	84,5	18,0	102,5	12499

Tamburi del Locomotore.

Aderenza A del locomotore sulle rotaje $A = \frac{1}{8} N \cos. \alpha$	Tensione T' sulla fune d'aderenza $a\,b$ dovuta al rimorchio totale del treno. $T' = T - A$
Chilog.	Chilog.
$A =$ 1874,9	$T' =$ 2925
1874,5	4015
1873,8	5686
1873,4	6176
1937,2	7325
1986,0	8304
2169,8	8957
2118,8	9655
2180,0	10050
2239,0	10251
2236,3	10259
2229,1	10267

La tensione T'' sul tratto $a'\,b'$ della fune d'aderenza conveniente ad impedire lo scivolamento della mezza gola $a\,b\,a'$ del tamburo I abbracciata dalla fune.

$$T'' = \frac{T'}{(e)^{\frac{fs}{r}} - 1} = \frac{T'}{1\ (2,7183)^{0,50 \times 3,1416} - 1} = \frac{T'}{3,77}\ ;$$

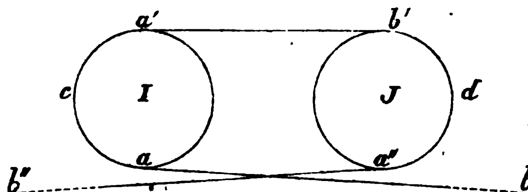
nella quale

$s =$ a $1/2$ circonferenza

$f =$ al coefficente d'aderenza fra la fune in ferro ed il canape che riempie il fondo delle gole delle pulegge.

Le spire della fune che s'insinuano nel canape tendono ad accrescere d'assai il valore di f, ma questo effetto lo si trascura.

Fig. 1.ª



Peso della fune

Pendenze.	Valori di T'' ottenuti dalla formola suddetta.	Tensione T''' della fune sul tratto $a''\,b''$, onde impedire lo scivolamento della fune nella mezza gola $b'da''$ del tamburo J. $T''' = \frac{T''}{3,77}$;	Tensione T^{IV} per meglio garantire l'aderenza della fune sui tamburi. $T^{IV} = 1,10 \times T'''$	Tensione F sulla fune posta avanti al locomotore, dovuta al tiro del convoglio ed a quello del tenditore. $F = T' + T^{IV}$	Sezione q della parte metallica della fune d'aderenza, onde resistere a 9 k. per $^m/_m$ q. di sezione (1).
10 p. °/oo	T'' = 776 K.	T''' = 205,8 K.	T^{IV} = 226 K.	F = 3141 K.	q = 349,0 $^m/_m$ q.
20 »	1065 »	282,5 »	311 »	4326 »	480,7 »
30 »	1508 »	400,0 »	440 »	6126 »	680,7 »
40 »	1638 »	434,0 »	477 »	6653 »	739,2 »
50 »	1943 »	515,0 »	566 »	7891 »	876,7 »
60 »	2203 »	584,0 »	642 »	8946 »	994,0 »
70 »	2373 »	629,0 »	692 »	9649 »	1071,8 »
80 »	2529 »	670,0 »	737 »	10392 »	1154,6 »
90 »	2665 »	707,0 »	778 »	10828 »	1203,0 »
100 »	2718 »	721,0 »	793 »	11044 »	1227,0 »
110 »	2721 »	722,0 »	794 »	11053 »	1227,7 »
120 »	2723 »	722,6 »	795 »	11062 »	1227,9 »

(1) La tav. Newall darebbe 16,85 chil. per coefficiente medio di resistenza.

l' aderenza.

Peso p della **fune** compreovi $\frac{1}{20}$ per l'anima in canape	Sezione effettiva q' della fune d'aderenza comprese le anime in canape, in millimet. quadrati	Diametro corrispondente δ della fune, in centimetri.	Resistenza B dovuta alla rigidezza della fune nello inflettersi sui due tamburi del locomotore nei punti $a\,b'$ sotto gli sforzi F e $\frac{1}{2}F$ (2).	*Resistenza totale a vincere sulle periferie dei tamburi* (3).
$\times 1.05 \times 0{,}008 = p$	$q' = 1{,}25 \times q$			$M = T + B$
$p = 2{,}932$ k.	$q' = 436{,}25$ m/m q.	$\delta = 2{,}36$	$B = 49{,}85$ k.	$M. = 4850$ k.
4, 040 »	601,25 »	2, 78	90, 08 »	6980 »
5, 720 »	851,25 »	3, 29	189,00 »	7749 »
6, 208 »	923,75 »	3, 43	223, 02 »	9575 »
7, 493 »	1096,25 »	3, 74	315, 00 »	8275 »
8, 350 »	1242,50 »	3, 98	402, 90 »	10693 »
9, 003 »	1350,00 »	4, 15	447, 50 »	11573 »
9, 699 »	1443,75 »	4, 29	555, 68 »	12329 »
10, 105 »	1504, 0 »	4, 38	591, 36 »	12821 »
10, 317 »	1533,75 »	4, 42	614, 25 »	13104 »
10, 329 »	1533,90 »	4, 42	614, 26 »	13110 »
10, 342 »	1534,10 »	4, 43	614, 27 »	13113 »
			(2) Il valore di B è dato dalla formola di Redtembacher $B = 0{,}58\, C \frac{\delta^2}{D}$ nella quale $C = F + \frac{1}{2} F$ δ diam.° della fune in centimetri. D dei tamburi parimenti in centim.	(3) Le resistenze sugli assi dei tamburi sono già comprese nelle resistenze delle sale del locomotore a cui sono fissati i tamburi.

Pendenze.	Peso della fune motrice in acciajo.		Resisten	
	Rapporto r fra la velocità della fune motrice e quella del convoglio, onde ottenere sulle circonferenze delle puleggie del locomotore, lo sforzo costante di 1640 *K.* $r = \frac{M}{1640}$;	Peso costante della fune motrice, per tutti i casi, conveniente per resistere allo sforzo di 1640 chil. che devesi esercitare sulla periferia delle puleggie del locomotore.	*Lunghezza dei piani inclinati.*	Resistenza pe chilometro co rente della fun sulle puleggie sostegno pos sulle parti ret tilinee del pian inclinato (1).
10 per °/oo	1, 479 : 1			
20 »	2, 128 : 1			
30 »	2, 363 : 1			
40 »	2, 522 : 1			
50 »	2, 921 : 1			
60 »	3, 263 : 1	1, 50 *K*	10 chilom.	4, 8 K. per chilom. corr.
70 »	3, 532 : 1			
80 »	3, 757 : 1			
90 »	3, 911 : 1			
100 »	3, 998 : 1			
110 »	3, 999 : 1			
120 »	4, 000 : 1			

(1) Vedi Puleg di sostegno de fune motrice. *Po litecnico*, fasc. III

ella fune motrice sulle pulegge di sostegno dei piani inclinati.

Resistenza S' ella fune sui $\frac{}{5}$ della lunhezza del piao inclinato ipposto in liea retta.	Resistenza della fune, per chilom.° corr., sulle pulegge di sostegno delle parti curvilinee della strada con raggio di 300m. (2)	Anche questo valore fu determinato nella parte di questa memoria che tratta delle pulegge di sostegno. Però, sebbene il peso della fune sia costante per tutti i casi, come anche la trazione della fune motrice sul locomot., nullameno questo valore di 77,07 K. di resistenza, non deve rimaner costante, ma bensì aumentare mano mano che la pendenza aumenta, e ciò per effetto del crescere della componente del peso della fune colla pendenza. Ma, siccome basta un leggero aumento dei diametri delle pulegge per rendere invariabile il valore della resistenza chilometrica suddetta, noi la riterremo tale, ciò che semplificherà assai i calcoli relativi.	Resistenza S'' della fune sui $^2/_5$ della lunghezza del piano inclinato in linea curva.	*Resistenza totale della fune motrice sulle pulegge di sostegno dei piani inclinati.*
$S' = \frac{3}{5} \times 10 \times 4,8$ $' = 28,8$ K.	77, 07 K.		$S'' = \frac{2}{5} \times 10 \times 77,07 =$ $= 308,28$ K.	$S = S' + S'' =$ $= 337,08$ K.

(2) Vedi Pulegge di sostegno. — *Politecnico, t. III.*

(I.°) **Resistenze dovute alla trasmissione sugli assi dei tamburi dell'impulso tang**
delle puleg

Pendenze

10 p. $^0/_{00}$
20 »
30 »
40 »
50 »
60 »
70 »
80 »
90 »
100 »
110 »
120 »

Tutte le resistenze sulle pulegge lungo il piano inclinato sono vi dal motore superiore. — Infatti il motore superiore, mentre tir sè il ramo ascendente della fune motrice (supposto che que cammini a vuoto) non solo deve superare le resistenze che ramo ascendente incontra sulle puleggie di sostegno, ma tr inoltre un'altra resistenza a vincere, quella cioè, che nasce non essere eguali fra loro le trazioni dovute alle componenti peso dei rami ascendente e discendente della fune. Tale differe di trazione sui due rami, è cagionata dagli attriti che il ramo scenden.^{e} deve vincere, mentre scorre sulle sue pulegge di sosteg Ciò vale quanto dire, che il motore superiore dovrà vincere modo diretto le resistenze delle pulegge del ramo ascendente, in modo indiretto le resistenze passive delle pulegge del ra discendente, le quali sono rappresentate da una porzione del componente del ramo ascendente, porzione, che è eguale in valo alla somma delle resistenze delle pulegge del ramo discenden Cosicchè lo sforzo totale *M* che i due rami di fune esercitano s locomotore, il quale fu trovato eguale a

$$2 \times 1640 = 3280\ K$$

e che accresciuto delle resistenze delle puleggie di sostegno divi ne di $3280 + 2 \times 337{,}08 = 3954{,}16\ K$, viene a dividersi sui due motori nel modo seguente.

Sul motore superiore.

Resistenza sulle pulegge . . . . K. 67
Resistenza sul locomotore . . . . » 130
Resistenza totale . . . . K. 197

Sul motore inferiore.

Resistenza sul locomotore . . . . K. 197

Da ciò apparisce il vantaggio di servirsi di due motori invece d un solo; perchè, se con una data fune di $1^{k}\cdot50$ di peso per met. cor si arriva ad esercitare sul locomotore una trazione di **1303 K**, col l'impiego di ambedue i motori, questo sforzo viene ad essere por tato a $1303 + 1977 = 3880$ cioè, risulta $^3/_5$ maggiore di quell che potrebbe rimorchiare la medesima fune, mossa da un sol mo tore, stando sempre in ambedue i casi i medesimi coefficienti d resistenza per unità di sezione della fune. Questa è una singolar proprietà del sistema, che non venne ancora segnalata, essendosi cre duto sinora che l'azione simultanea dei due motori avesse per effett di raddoppiare semplicemente il peso dei convogli rimorchiati da locomotore, che in tal caso sarebbe a semplice effetto.

ramo ascendente ed il ramo discendente della fune motrice imprime alle circonferenze
Locomotore.

one dentate delle puleggę del loco-
e. Siccome è costante la distanza
due assi dei tamburi, e per tutti i
otori eguale a M^{ri}. 3,60, biso-
dividere la quantità 3,60 per il
rto fra la velocità della fune e
del convoglio, onde avere il dia-
della corona dentata delle pu-
del locomotore che deve lavo-
sulla massima pendenza del 12
%, cioè:

$$\frac{3.60}{4.00} = 0^m, 90$$

hiamiamo x', x'', x''' ecc., i suc-
i aumenti che converrà dare al
e 0^m, 90 per avere gli analoghi
etri, delle corone dentate dei lo-
tori corrispondenti alle pendenze
11, del 10 e del 9 p. % e così di
to, evidentemente avremo

$$,999 \times (0{,}90 + x') = 3{,}60$$
$$,998 \times (0{,}90 + x'') = 3{,}60$$
$$,911 \times (0{,}90 + x''') = 3{,}60$$

ecc, ecc.

ecc. ecc.

quali si cava

$$= \frac{3.60 - 0{,}90 + 3.999}{3.999} = 0{,}0001$$

$$= \frac{3.60 - 0{,}90 + 3{,}998}{} = 0{,}0013$$

$$= \frac{3.60 - 0{,}90 + 3{,}911}{3{,}911} = 0{,}0204$$

ecc. ecc. ecc.

Diametro delle corone dentate delle puleggie del locomotore calcolate in base alla velocità tangenziale delle puleggie della fune ascendente rispetto a quello del convoglio.	Diametro dei pignoni corrispondenti alle corone delle puleggie motrici (1).
$0{,}90 + x'$ ecc. ecc.	$360 - (0{,}90 + x')$ ecc. ecc.
1, 530	2, 070
1, 367	2, 233
1, 309	2, 291
1, 269	2, 331
1, 233	2, 367
1, 100	2, 500
1, 020.	2, 580
0, 940	2, 640
0, 920	2, 680
0, 900	2, 700
0, 900	2, 700
0, 900	2, 700

(1) Il diametro dei pignoni accoppiati colle corone dentate, si otterrà togliendo dalla quantità 3,60 il valore del diametro delle corone dentate, come dalle formole $3{,}60 - (0{,}90 + x')$ ecc.

(II.°) **Resistenze dovute alla trasmissione sugli assi dei tamburi dell'impulso tangenzi**
delle pulegg

Pendenze	Numero m' dei denti delle corone	Numero m'' dei denti dei pignoni	Valori numerici di $\left(\frac{1}{m'}+\frac{1}{m''}\right)$	*Resistenza R' dell' ingranaggio delle pulegge motrici della fune ascendent., riferita alla circonferenza di queste pulegge.* (1) $R'=0{,}08\times 3{,}14\times\left(\frac{1}{m'}+\frac{1}{m''}\right)\times Q'$	*Resistenza R'' . bottoni delle maniv degli assi del locom tore, riferita alla ci conferenza delle p legge motrici.* - Tra missione fatta c doppio accoppia mento.
10 p.°/₀₀	$m'=65$	$m''=76$	0, 0286	$R'=9{,}47$ K	
20 »	61	80	0, 0289	9, 59 »	
30 »	57	84	0, 0294	9, 73 »	
40 »	53	87	0, 0303	9, 90 »	
50 »	48	92	0, 0317	10, 55 »	
60 »	41	98	0, 0345	11, 34 »	$R''=2\times 0{,}08\times Q'$ $=208{,}48$ K
70 »	40	101	0, 0353	11, 60 »	
80 »	38	103	0, 0360	11, 77 »	
90 »	36	105	0, 0374	12, 22 »	
100 »	35	106	0, 0380	12, 51 »	
110 »	35	106	0, 0380	12, 51 »	
120 »	35	106	0, 0380	12, 51 »	

(1) In questa formola Q' è la trazione del ramo ascendente sulle pulegge del locomotore come venne sopra indicato, ossia $Q'=1303$.

e il ramo ascendente ed il ramo discendente della fune motrice imprime alle circonferenze el Locomotore.

Trasmissione per ingranaggio delle pulegge motrici della fune discendente.	*Resistenza $R_{,}$ riferita alla periferia delle pulegge.*	*Trasmissone per mezzo dell'ingranaggio centrale* (2) Diametro della ruota motrice posta sull'albero centrale.		Diametro delle corone dentate applicate contro i tamburi (3).
		Valori di $\frac{V'}{V_{,}}, \frac{V''}{V_{,,}}, \frac{V'''}{V_{,,,}}$ ecc.	Valori di y', y'', y''' ecc. metri	Valori di $y_{,}, y_{,,}, y_{,,,}$ ecc. metri
Tanto i diametri delle corone dentate dei pignoni come pure il numero dei denti di questa trasmissione sono eguali a quelli dell'altro ingranaggio delle pulegge del ramo ascendente. Quindi anche per questo caso varrà la stessa formola di R' cambiando soltanto Q' in Q'' che è eguale a 1977 chil.	$R_{,}$ = 12, 06	5, 17	0, 583	3, 017
	13, 02	2, 77	0, 955	2, 645
	14, 01	2, 47	1, 039	2, 561
	15, 02	2, 314	1, 086	2, 514
	16, 01	2, 047	1, 181	2, 419
	17, 10	1, 883	1, 248	2, 352
	17, 40	1, 725	1, 291	2, 309
	17, 48	1, 789	1, 321	2, 279
	18, 62	1, 687	1, 339	2, 261
	18, 97	1, 666	1, 350	2, 250
	18, 97	1, 666	1, 350	2, 250
	18, 97	1, 666	1, 350	2, 250

(2) Questo ingranaggio serve a correggere la differenza fra la velocità tangenziale delle pulegge della fune ascendente e quella delle pulegge della fune discendente. Cosicchè se si chiama V' la velocità tangenziale della puleggia della fune discendente è $V_{,}$ l'analoga velocità della puleggia della fune ascendente e σ', σ'' σ''' ecc. i rapporti $\frac{V'}{V_{,}}$, $\frac{V''}{V_{,,}}$, $\frac{V'''}{V_{,,,}}$ ecc. ed y', y'', y''', ecc., le unità di misura che si riferiscono a questo rapporto e per una distanza costante di 3.60 fra i due assi dei tamburi, avremo:

$$y' + \sigma' y' = 3{,}60$$
$$y'' + \sigma'' y'' = 3{,}60$$
$$y''' + \sigma''' y''' = 3{,}60$$
ecc.

Cavando i valori di y' y'' ecc., per i casi particolari si hanno i diametri del pignone centrale.

(3) I diametri delle corone dentate applicate ai tamburi si avranno da

$$3{,}60 - y' = y_{,}$$
$$3{,}60 - y'' = y_{,,}$$
$$3{,}60 - y''' = y_{,,,}$$
ecc.

(III.°) **Resistenze dovute alla trasmissione sugli assi dei tamburi dell'impulso tangen[...] fune motrice imprime alle circonferenze delle pule[...]**

Pendenze	Diametro delle corone dentate applicate contro i tamburi. Valori di $y_{,}, y_{,,}, y_{,,,}$ ecc. metri	Numero $m_{,}$ dei denti della ruota motrice centrale	Numero $m_{,,}$ dei denti delle corone dentate relative	Valori di $\frac{1}{m_{,}} + \frac{1}{m_{,,}} =$	*Resistenza* R, *riferita alla circonferen[...] delle pulegge* $R_{,,} = 0{,}08 \times 3{,}1[...] \times \left(\frac{1}{m_{,}} + \frac{1}{m_{,,}}\right) \times$[...] essendo $Q_{,,} = 19$[...]
10 p.%₀₀	3, 017	$m_{,}=29$	$m_{,,}=111$	=0, 0420	$R_{,,}=19{,}02$ K[...]
20 »	2, 645	35	103	0, 0381	18, 42 »
30 »	2, 561	39	101	0, 0355	17, 73 »
40 »	2, 514	41	99	0, 0345	17, 21 »
50 »	2, 419	43	97	0, 0333	16, 75 »
60 »	2, 352	46	94	0, 0324	16, 18 »
70 »	2, 309	49	92	0, 0318	15, 86 »
80 »	2, 279	49	91	0, 0312	15, 54 »
90 »	2, 261	51	90	0, 0307	15, 30 »
100 »	2, 250	52	89	0, 0302	15, 07 »
110 »	2, 250	52	89	0, 0302	15, 07 »
120 »	2, 250	52	89	0, 0302	15, 07 »

...e il ramo ascendente ed il ramo discendente della ...el Locomotore.			Aderenza della fune sulle pulegge del locomotore.	
Somma dei valori	Somma dei valori	Valore costante di L' ed $L_,$	Per impedire lo scivolamento della fune che avvolge le pulegge motrici del ramo ascendente bisogna che la tensione t' sul tratto $c'd'$ della fune abbia un valore	Effettiva tensione θ' sul ramo ascendente, onde assicurare l' aderenza della fune sulle pulegge del locomotore.
$Q'+R'+R''=L'$	$Q_,+R_,+R_{,,}=L_,$		$t'=\frac{1523}{3.77}=404,5$	$\theta'=0,10\times t''$
chilog.	chilog.		chilogrammi;	
1520, 95	2008, 08		perciò la tensione	ossia
1521, 07	2008, 44		t'' del tratto $c'''\ d'''$ sarà	$\theta'=107,3\times1,10=118K$
1521, 21	2008, 74		$t''=\frac{404}{3.77}=107,3;$	
1521, 38	1009, 23	$L'=1523\ K$	chilogrammi	
1522, 03	1009, 76			
1522, 82	2010, 18			
1523, 08	2010, 26			
1523, 25	2010, 54			
1523, 70	2010, 92	$L_,=2010\ K$		
1523, 99	2011, 04			
1523, 99	2011, 04			
1523, 99	2011, 04			

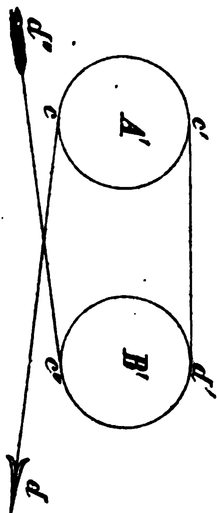


Fig. 2.ª

Aderenza della fune sulle pulegge del Locomotore.			Tensioni medie sui rami ascendent[i] essendo il locomotore alla m[età]		
Pendenze	La tensione $t_{,}$ sul tratto $c_{,,}\ d_{,,}$ del ramo discendente sarà $t_{,}=\frac{2010}{3,77}=533,10$ per cui la tensione $t_{,,}$ sul tratto $c_{,,}\ d_{,,}$ sarà	Effettiva tensione $\theta_{,}$ sul ramo discend.[te], onde assicurare l'aderenza della fune.	*Componente* G *del peso della fune parallelo al piano inclinato per una lunghezza di* 10 *chilometri.*	Si ottiene la tensione θ'' della fune sul tratto ascend.[te] $c''\ d''$, essendo il locomotore a metà del piano inclinato, aggiungendo al valore θ' la metà di quello della componente G del peso della fune e la metà della resistenza S dovuta agli attriti sulle pulegge. Evidentem.[te] col supporre il locomotore alla metà del piano inclinato s'ottiene il valor medio delle diverse tens.[ni] θ'' della fune ascenden.[e] nell'atto che questa s'avvia verso le pulegge del locomotore, durante l'intero percorso del piano inclinato.	Valore di $\theta''=\frac{1}{2}(G+S)+$
10 p.‰			$G=150$		$\theta''=362$
20 »			300		437
30 »			450		512
40 »			600		587
50 »			900		662
60 »	$t_{,,}=\frac{533,10}{3,77}=$	$\theta_{,}=141,\times1,10$	1050		773
70 »	$=141,4$ K.	$=156$ K.	1200		812
80 »			1350		887
90 »			1350		962
100 »			1500		1037
110 »			1650		1112
120 »			1800		118[illegible]

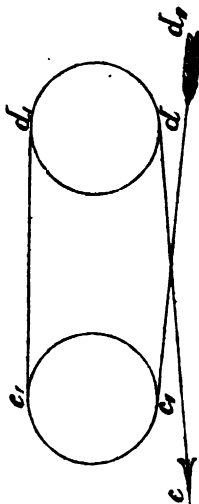


Fig. 3.a

…endente della fune, …piano inclinato.	Resistenza $R_{,,,}$ dovuta agli attriti sui bussoli delle pulegge del Locomotore.			
Valori di $\theta_{,,}$ (1)	Medie delle trazioni della fune tendenti ad avvicinare le pulegge del ramo ascendente (2). $\frac{L'+\theta''+\theta''}{2} = \theta'''$	Medie delle trazioni sulle pulegge del ramo discend.te $\frac{L_{,}+\theta_{,,}+\theta_{,,}}{2} = \theta_{,,,}$	*Resistenza R''' dovuta agli attriti sugli assi delle pulegge del ramo discend.* (3) $R'''=\frac{0{,}15}{3{,}0}\times 0{,}08\times\sqrt{(4\theta''')^2+(2p)^2}$	*Resistenza $R_{,,,}$ dovuta agli attriti sugli assi delle pulegge del ramo discendente* (4). $R_{,,,}=\frac{0{,}15}{3{,}0}\times 0.08\sqrt{(4\theta_{,,,})^2+(2p)^2}$
$= \theta_{,} + S\text{-}G = 333$ K.	$\theta''' = 112$ K.	$\theta_{,,,} = 1328$ K.	$R''' = 19,49$	$R_{,,,} = 24,48$
$= \theta_{,} + S\text{-}G = 193$	1199	1198	20,61	21,72
$= \theta_{,} \quad = 156$	1274	1161	21,81	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1349	1161	22,93	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1424	1161	24;15	20,22
$= \theta_{,} \quad = 106$	1499	1161	25,28	20,22
$= \theta_{,} \quad = 155$	1574	1161	26,42	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1649	1161	27,57	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1724	1161	28,72	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1798	1161	29,88	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1873	1161	30,04	20,22
$= \theta_{,} \quad = 156$	1948.	1161	31,20	20,22

(1) Questa tensione $\theta_{,,}$ sul ramo discendente risulta eguale a $\theta_{,}$ per tutti quei casi nei quali la componente G è superiore ad S, negli altri casi è $\theta_{,,} = \theta_{,} + S - G$.

(2) La fune facendo un sol giro attorno alle puleggie, la trazione media dei quattro capi di fune risulterà dalla metà della somma delle trazioni sul tratto $c'd'$ e sul tratto $c''d''$ (Fig. II.)

(3) (4). Il peso p di queste pulegge è di 1000 chilogrammi.

Pendenze.	Resistenze dovute alla rigidezza del				
	Somma dei valori $L'+R'''=N'$	Somma dei valori $L_i+R_{iii}=N_i$	*Rigidezza del ramo ascendente della fune motrice sulle puleggie del locomotore.* Secondo l'esperienza di Weisbach, la rigidezza alle inflessioni sarebbe data dalla ormola: $R^{IV}=0,49+0,00238 \times \frac{P'}{a}$ nella quale: P'. è il tiro della fune in chilog; a il raggio in metri delle puleggie, cioè 1,50. La 1.ª inflessione avviene sul punto c' della puleggia A', e sotto ad un tiro di fune pari a $\frac{N'}{2}+\theta_i''$; La 2.ª inflessione ha luogo nel punto c'' della puleggia B' e sotto il tiro di θ'', quindi il il valore di P' sarà eguale alla somma di questi due tiri, cioè a $\left(\frac{N'}{2}+\theta''\right)+\theta''=\frac{N'}{2}+2\theta''$;	Valori di $P'=\frac{N'}{2}+2\theta''$	Valore della resistenza R^{IV} dovuta alla rigidezza della fune ascendente sulle puleggie del locomotore.
				chilogrammi	chilogrammi
10 p. ‰	N_i=1543,99	N'=2134,48		P' = 1495	R^{V} = 3,48
20 »	1544,21	2131,72		1646	3,65
30 »	1544,81	2030,22		1796	3,82
40 »	1544,93	2030,22		1947	3,99
50 »	1547,15	2030,22		2117	4,13
60 »	1548,28	2030,22		2320	4,18
70 »	1549,42	2030,22		2390	4,31
80 »	1550,57	2030,22		2549	4,54
90 »	1551,72	2030,22		2700	4,77
100 »	1552,88	2030,22		2851	4,92
110 »	1553,04	2030,22		3001	5,08
120 »	1554,20	2030,22		3149	5,24

...ne sulle pulegge del Locomotore.				Resistenze dei
...alori della resistenza R^{IV} sulle pulegge ...cendenti. In questo ...so è $=\frac{N_{,}}{2}+2\theta_{,,}=1171;$ $a=1^{m}\cdot 50;$	*Tenditore della fune al piede del piano inclinato.* La tensione θ^{IV} che deve esercitare sulla fune questo tenditore, basterà che sia eguale a quella sopra trovata di θ', per cui avremo	*Tenditore della fune alla sommità del piano inclinato.* Questo tenditore deve essere capace di neutralizzare la componente del peso del ramo discendente diminuita però dalle resistenze delle pulegge di sostegno. Esso tenditore deve inoltre esercitare costantemente sul ramo discendente della fune la tensione:	Valore θ_{IV} della tensione del tenditore superiore. $\theta_{IV}=G-S+\theta_{,}$(1)	*Resistenza dovuta alla rigidezza della fune attorno alla puleggia orizzontale del tenditore inferiore.*
			$\theta_{IV}=156$ 156 169 419 569	$R^{V}=0{,}490{,}+00238\frac{\theta^{IV}}{a}$
$R_{IV}=2{,}35$ k.	$\theta^{IV}=\theta'=118$K.	$\theta_{,}=156$ K. onde impedire lo scorrimento della fune sulle pulegge del locomotore.	719 869 1019 1169 1369 1469 1619	$R^{V}=0{,}71$
			(1) Sulle pendenze del 10 e del 20 p.°/oo la componente G, essendo minore del valore degli attriti S si conserverà $\theta_{IV}=\theta_{,}$	$a=1$m. 25 raggio della puleggia del tenditore.

Pendenze	Tenditori situati alle estremità del piano inclinato.			sulla fune ognuno dei mot	
	Resistenza R_v *dovuta alla rigidezza della fune attorno alla puleggia orizzontale del tenditore superiore* $R_v = 0{,}49 + 000238 \frac{\theta_{vi}}{a}$	*Resistenza* R^{vi} *ed* R_{vi} *dovute all'attrito dei perni verticali ed orizzontali della puleggia del* *tenditore inferiore* (1)	*Resistenza* R^{vi} *ed* R_{vi} *dovute all'attrito dei perni verticali ed orizzontali della puleggia del* *tenditore superiore* (2)	Somma totale delle resistenze a vincere dai due rami di fune. $\Sigma = N' + N_{,} + R^{iv} + R_{iv} + R^{v} + R_{v} + R^{vi} + R_{vi} + 2\ S.$	Media di q ste resiste sopra og ramo di fu $\frac{\Sigma}{2}$
10 p.°/oo	R_v=0, 91		R_{vi}=1, 40	Σ=4261, 28	$\frac{\Sigma}{2}$=2130,
20 »	0, 91		1, 40	4260, 81	2130,
30 »	0, 93		1, 42	4259, 82	2129,
40 »	1, 29		3, 32	4263, 37	2131,
50 »	1, 58		4, 28	4265, 98	2132,
60 »	1, 86	$R^{vi} = 1{,}40$	5, 24	4268, 40	2134,
70 »	2, 14		6, 20	4270, 92	2135,
80 »	2, 43		7, 16	4273, 54	2136,7
90 »	2, 72		8, 11	4276, 16	2138,
100 »	3, 10		9, 08	4278, 92	2139,
110 »	3, 87		10, 07	4280, 90	2140,
120 »	4, 64		11, 05	4283, 97	2141,9

(1) (2) La formola che dà queste resistenze è $\frac{d}{D} \times 0{,}08 \times \left(\frac{P}{3} + 2\ \theta^{iv}\right)$ nella quale $d = 0^m\ 10$ diam. dei perni $D = 2^m\ 50$ diam. delle puleggie orizzontali $P = 600\ K.$ peso delle puleggie θ^{iv} = come sopra.

Tiro che deve esercitare
...si per vincere le resistenze del sistema e sforzo utile di ciascun motore sul Locomotore.

Sforzo utile O' del ...ramo ascendente sul locomotore (3)	Sforzo utile O_1 del ramo discendente sul locomotore (4)
$O'=2130,24$	
2130, 41	
1451, 29	
1450, 80	
1450, 86	
1450, 83	$O_1=\frac{\Sigma}{2}$
1450, 85	
1450, 91	
1450, 98	
1450, 99	
1450, 24	
1450, 02	

(3) (4) Essendo i due motori di egual forza, realmente i valori della resistenza totale a vincere Σ si divide in due parti eguali su ciascheduno di essi. Però lo sforzo effettivo che esercita sul locomotore il ramo ascendente della fune è ben diverso da quello che vi produce il ramo discendente. A partire dalla pendenza del 2 p. % in avanti, togliendo da $\frac{\Sigma}{2}$, le resistenze passive $2\,S$ delle pulegge di sostegno della fune e quelle dovute ai tenditori esterni, si avrà lo sforzo utile del ramo ascendente sul locomotore. Il confronto fra questi valori di O' ed O_1 dimostra che oltrapassata la pendenza del 2 p. % mentre l'impiego di un sol motore permette alla fune di 1,50 di peso per metro corrente di esercitare sul convoglio uno sforzo utile O', coll'uso dei due motori operanti simultaneamente, questo sforzo diventa $O'+\frac{\Sigma}{2}$. Quindi per tutti i casi di pendenza superiore al 2 per % non solo si raddoppia il peso del convoglio rimorchiato dalla suddetta fune, ma lo si aumenta nel rapporto di $O' : O'+\frac{\Sigma}{2}$ ossia di 1 : 2, 48, cioè quasi dei $^3/_5$, come già venne accennato superiormente. *Per conseguenza, se colla trazione diretta, fatta secondo il sistema funicolare ordinario, e con una fune di K. 1, 5 di peso per metro corrente si doveva limitare il peso del convoglio a 10,9 tonnellate di peso sulla pendenza del 10 p. %, e se coll'uso del locomotore a semplice effetto, e col rapporto di 1 : 4 nella velocità del convoglio rispetto a quello della fune, si poteva portare il peso del convoglio a* $4\times 10,9-\frac{1}{4}\times 18 = 39,11$ *tonnellate, si perviene, coll'impiego simultaneo dei due motori, ed elevare il peso del convoglio a* $39,11\times 2,48=100$ *tonnellate, serbando sempre la medesima fune motrice di 1,50 chilog. di peso per metro corrente.* In ciò sta principalmente la grande superiorità del nuovo sistema funicolare sull'antico.

Tensione massima sulla fun

In generale per calcolare la tensione massima della fune motri
prende la media di tutte le resistenze passive del sistema e
aggiunge la componente del peso della fune parallela alla strad
l'azione del tenditore inferiore. Questo metodo fu adottato da tut
Commissioni tecniche che esaminarono il sistema in discorso, ed i
sultati che esse ottennero furono di molto superiori al vero, per c
ebbero delle sezioni esagerate per la fune motrice, sopratutto trat
dosi di pendenze molto forti, le quali sezioni poi, tendevano a sce
l'importanza del sistema. Fu pure erroneo l'aver fissato alla fune
dimensione molto eccedente il bisogno, coll'adottare un coefficient
resistenza molto basso in vista di una maggior garanzia di sicurezza,
vece di attenersi a quel coefficiente medio di resistenza che fu san
dalla pratica, il quale per le funi d'acciajo è di Kilg. 16,85 p. m/m
che dà alla fune una resistenza 6,66 volte più forte di quella capac
produrne la rottura, come le tav. Newall ce lo insegnano.

Le nostre osservazioni sul modo di comportarsi dei due motori risp
allo sforzo che esercitano rispettivamente sul locomotore rendono pa
l'erroneità del metodo sopraindicato di calcolazione della tensione m
sima della fune. Infatti dal momento che il motore superiore deve vinc
da sè solo tutte od in parte, a seconda delle pendenze, le resist
passive del sistema funicolare (fatta astrazione dalle resistenze del lo
motore) e del convoglio, e dal momento che le resistenze del ramo disc
dente sono superate dallo stesso motore superiore, per causa del disiq
librio che esiste fra la intensità delle componenti dei due rami (il q
disiquilibrio, come abbiamo veduto, è precisamente dovuto alle resiste
del ramo discendente sulle pulegge di sostegno e sul tenditore super
re) egli è chiaro che nella cifra stessa, che esprime il lavoro del mot
superiore, vi risulta compreso anche il sollevamento d'una porzione
della fune ascendente, che la sua componente eguagli le resistenze s
dette. Adunque pei primi due casi d'inclinazione del piano inclinato,
la componente del peso delle fune è infereriore alle resistenze S d
pulegge, la tensione massima sul ramo ascendente sarà espressa
$\frac{\Sigma}{2} + \theta^{IV}$, e per gli altri casi di pendenza maggiore del 2 p. % la t
sione massima sarà eguale a $\frac{\Sigma}{2} \theta^{IV} + (G - S - R_{IV} - R_{V})$. Quella poi
ramo discendente sarà costantemente data da $\frac{\Sigma}{2} + \theta_{IV}$. — I segu
quadri dei valori di U' ed $U_{,}$ dimostrano che diversamente da qua
si è ritenuto sinora, se si eccettua il 3.° caso, non è il ramo ascend
ma bensì il ramo discendente quello che viene assoggettato allo sfo
massimo di trazione longitudinale della fune, e questo propriam
deve servire di base nel calcolo della sezione della fune. —

Pendenze
10 p. %
20 »
30 »
40 »
50 »
60 »
70 »
80 »
90 »
100 »
110 »
120 »

coefficienti di resistenza relativi.

Valori di U' ed $U_{\prime}$		*Sezione della parte metallica della fune motrice.*	*Coefficiente* (1) *di resistenza della fune per* $^{m}/_{m}$ q.	*Rapporto fra la trazione effettiva e quella che ne produrrebbe la rottura,* valutata a 112 p.$^{m}/_{m}$ q. come dalle tavole di Newall.
$U'=\frac{\Sigma}{2}+\theta^{IV}$; pei rimi due casi. — $U'=\frac{\Sigma}{2}+\theta^{IV}+G$ $S-R_{V}-R_{VI}$; per i altri casi	$U'=\frac{\Sigma}{2}+\theta_{IV}$;	Essendosi adottato a priori il peso di 1.50 chil.[1] per metro corrente della fune motrice in acciajo, il peso della parte metallica di questa sarà: $0,95\times1,50=1,^{k}425$ e la sua sezione metallica sarà di 177,75 $^{m}/_{m}q$.		
$U_{\prime}=2131$	$U_{\prime}=2285$		12, 86	1 : 8, 72
2139	2286		12, 86	1 : 8, 72
2359	2299		13, 27	1 : 8, 64
2508	2551		14, 35	1 : 7, 82
2539	2702		15, 18	1 : 7, 39
2690	2853		16, 04	1 : 6, 99
2840	3004		16, 89	1 : 6, 64
2990	3156		17, 75	1 : 6, 31
3141	3307		18, 60	1 : 6, 03
3291	3508		19, 73	1 : 5, 70
3553	3609		20, 86	1 : 5, 39
3707	3761		21, 17	1 : 5, 30

(1) Confrontando questi coefficienti di resistenza con quelli della tav. Newall, si vede che per tutte le pendenze al di sotto del 7 p. °/₀ i coefficienti di resistenza risultanti sarebbero inferiori a quello del coefficiente medio dato dalla pratica e che dal 7 p. °/₀ in sù eccederebbero la media, ma che però sarebbero tuttavia ammissibili, stando anche all'avviso della Commissione governativa, la quale nel suo rapporto a pag. 212 parrebbe disposta ammettere persino il coefficiente di 25 chilog. trattandosi di pendenza dell'8 al 10 p. °/₀.

Del resto nella pratica si accetta ordinariamente il coefficiente di 23 chilog. per millimetro quadrato.

Resistenze sviluppate nel funzi

Resistenza R^{VII} dovuta agli attriti degli assi delle pulegge motrici alla sommità del piano inclinato.

Per ottenere la aderenza della fune su queste pulegge motrici basta un semplice giro di essa. Infatti la formola

$$t = \frac{\frac{\Sigma}{2}}{(e)^{\frac{fs}{r}} - 1}$$

dà pel tenditore sulla puleggia anteriore

$$t' = \frac{2040}{3,77} = 567,5 \text{ k.}$$

e sulla puleggia di dietro

$$t'' = \frac{567,5}{3,77} = 150,5 \text{ k.}$$

la quale tensione aumentata di $^1/_{10}$ diviene

$t'' = 165,6.$ k.

Questa essendo molto inferiore a θ_{IV} che è l'effettiva tensione, fa vedere che basta un semplice giro della fune per ottenere l'aderenza attorno alle gole delle pulegge motrici situate alla sommità del piano inclinato.

La tensione media n(1) dei quattro tiri di fune che tendono ad avvicinare le due pulegge è

$$n' = \frac{\frac{\Sigma}{2} + \theta_{IV} + \theta_{IV}}{2}$$

La resistenza R^{VII} si ha dalla formola

$$R^{VII} = \frac{0,15}{3} \times 0,08 \times \sqrt{(4n')^2 + (2p)^2};$$

nella quale $p = 1000$ K, peso di ciascuna puleggia.

Resistenza R_{VII} dei assi delle pulegge i piano inclinato.

Il numero dei giri della fune attorno alle pulegg. motrici fisse inferiori deve essere doppio di quello delle pulegge motrici superiori, perchè il valore $\theta^{IV} = 118$ è insufficiente ad impedire lo scorrimento della fune con un solo giro, essendo $\theta^{IV} < t''$

Trazio media degli tiri de fune che due giri torno a puleg motrici i feriori.

Pendenze	n'	R^{VII}	$n_{,}$
10 p. $^0/_{00}$	$n' = 1222$ K	$R^{VII} = 20,92$	$n_{,} = 11$
20 »	1222	20, 92	11
30 »	1284	21, 68	11
40 »	1485	25, 06	11
50 »	1635	27, 36	11
60 »	1789	29, 94	11
70 »	1937	32, 01	11
80 »	2087	34, 34	11
90 »	2238	36, 69	11
100 »	2459	40, 34	11
110 »	2539	41, 44	11
120 »	2690	43, 80	11

(1) La tensione media si ottiene prendendo metà delle tensioni estreme dei due capi della fune, che avvolge le pulegge. La trazione d'un capo risulta dal valore $\frac{\Sigma}{2}$ che rappresenta le resistenze a vincere delle pulegge aumentate dalla tensione permanente $\theta_{,,,}$ e la trazione dell'altro capo viene prodotta dal solo tenditore che sta dietro alle pulegge.

namento delle pulegge motrici fisse.

gli attriti degli ... ici al piede del	*Rigidezza della fune sulle pulegge motrici.*		*Somma dei valori.*	
Resistenza R_{VII}	*Pulegge superiori* (2)	*Pulegge inferiori*	$R^{VII} + R^{VIII}$	$R_{VII} + R_{VIII}$
$R_{VII}=\frac{0,15}{3}\times 0,08\times \sqrt{(8n)^2+(2p)^2}$;	$R^{VIII}=0,49+\times 0,00238+\frac{2n'}{a_{\prime}}$;	$R_{VIII}=0,49+\times 0,00238\frac{4n_{\prime}}{a}$;		
R_{VII}=38, 60	R^{VIII}= 4, 37	R_{VIII}=7, 67	$\overset{VII}{R}+\overset{VIII}{R}$=25, 29	$\underset{VII}{R}+\underset{VIII}{R}$=46, 27
38, 63	4, 37	7, 67	25, 29	46, 30
38, 63	4, 98	7, 69	26, 66	46, 35
38, 69	5, 25	7, 73	30, 29	46, 42
38, 72	5, 72	7, 76	33, 08	46, 48
38, 79	6, 15	7, 79	36, 09	46, 58
38, 86	6, 63	7, 83	38, 64	46, 69
38, 93	7, 11	7, 86	41, 45	46, 79
39, 59	7, 59	7, 91	44, 28	47, 50
40, 06	8, 29	7, 94	48, 63	48, 00
40, 64	8, 61	7, 98	50, 05	48, 62
41, 22	9, 08	8, 02	52, 88	49, 24

(2) a essendo il raggio delle pulegge motrici in metri, cioè:

$a = 1,50$

Pendenze.	Forza in cavalli occorrente.				Vel
	Media E delle resist.e nel movimento delle due pulegge motrici.	Sforzo medio dei due motori $\frac{\Sigma}{2} + E$	Lavoro dinamico $\frac{X}{2}$ a produrre da ognuno dei motori per condurre la fune colla velocità di 40 chilom. all'ora.	Forza φ dei motori in cavalli.	Velocità dei conv al minu second in metr
10 per %	$E = 35,78$	$\frac{\Sigma}{2} + E = 2166,42$	$\frac{X}{2} = 24047$	$\varphi = 320,5$	$V' = 7,51$
20 »	35,79	2166,20	24040	320,5	5,22
30 »	36,55	2166,46	24048	320,6	4,70
40 »	38,35	2170,04	24087	321,1	4,40
50 »	39,78	2172,77	24120	321,6	3,80
60 »	41,33	2175,53	24148	321,9	3,40
70 »	42,66	2178,12	24175	322,3	3,14
80 »	44,12	2180,89	24209	322,7	2,957
90 »	45,88	2183,96	24242	323,2	2,841
100 »	48,31	2187,77	24284	223,8	2,779
110 »	49,33	2189,78	24306	324,0	2,778
120 »	51,05	2193,03	24344	324,5	2,777

convogli	Effetto utile del sistema.			
elocità V'' dei convogli in chilometri all'ora	Sforzo utile sul convoglio in chilogr.	Lavoro utile effettivo Y sviluppato in chilogramm.	Lavoro X totale a produrre dai due motori in chilogrammetri	Effetto utile del sistema
	$H \sin. \alpha + 6 = \theta$	$Y = \theta \times V$		$\frac{Y}{X}$
= 27,04	θ = 4800	Y = 36058	X = 48094	75,00 p. %
18,79	6500	34937	48072	72,67 »
16,93	7020	33008	48096	68,67 »
15,87	7300	32164	48174	66,76 »
13,69	8389	31916	48240	66,16 »
12,26	9226	31428	48296	65,08 »
11,32	9862	31059	48350	64,03 »
10,65	10289	30458	48418	62,91 »
10,23	10516	30076	48484	62,03 »
10,00	10536	29291	48508	60,31 »
10,00	10536	29292	48612	60,27 »
10,00	10536	29293	48688	60,23 »

Dalla ispezione della colonna degli effetti utili si rileva una graduale dimi zione di questo effetto, mano mano che la pendenza dei piani inclinati va aum tando, essendo però costante la lunghezza di essi, che venne supposta di ch metri 10. Evidentemente queste perdite progressive d'effetto utile sarebbero st più forti se in luogo di aver conservata costante la sezione ed il peso della f motrice, che è di chilogr. 1, 50 per metro lineare, si fosse sempre propor nata la sua sezione alla tensione cui deve sottostare; od in altri termini, graduale diminuzione dell' effetto utile sarebbe stata più notevole, se inv di lasciar variare il coefficiente di resistenza della fune, da 12^k, 86 a 21^k, 17 per $^m/_m$ q., si fosse mantenuto il coefficiente costante di 12^k, 86 corrisponde alla pendenza minima, ovvero se si fosse adottato per tutti i il coefficiente di 16^k, 04 relativo alla pendenza del 6 per $^0/_0$, che è, second tavole di Newall, sensibilmente inferiore al coefficiente medio della pratica.

Calcolando su questa base gli effetti utili, si troverebbero essi superio quelli sopra trovati per tutti i casi di pendenza minore al 6 per $^0/_0$, ed il co trario risulterebbe per quelli delle pendenze superiori al suddetto 6 per $^0/_0$.

Siccome poi l'esame dell' insieme dei calcoli fatti ci ammaestra che questi ef utili seguono una variazione graduale pressochè pari, in valore numerico, a qu dei relativi coefficienti di resistenza delle funi, avrebbesi, coll'accennato me coefficiente pratico di 16^k, 04, sull'1 per $^0/_0$ l'effetto utile di

$$75,08 + (16,04 - 12,86) = 78,18 \text{ per } ^0/_0.$$

e sul 10 per $^0/_0$ l'effetto utile di

$$60,23 - (21,17 - 16,04) = 55,02 \text{ per } ^0/_0$$

Giova far notare che quest'ultimo valore concorda coi risultati ottenuti dall tima Commissione governativa che esaminò il caso di una applicazione del stema sopra pendenze dell'8 al 10 per $^0/_0$, seguendo presso a poco il metodo s dicato di calcolazione.

Ma in un grave errore si cade adottando questo metodo sopratutto allor-
indo si vuol stabilire un confronto fra gli effetti utili che presenta il sistema
udio sulle varie inclinazioni.

Per trovare la vera legge di variazione dell'effetto utile a seconda delle pen-
nze, è indispensabile innanzi tutto fissare *una unità di lavoro utile, invariabile*
tutti i casi, *da prodursi in una data unità di tempo.* È necessario, cioè, di sta-
re a priori un dato lavoro utile giornaliero da effettuare colla elevazione d'un
o peso di convoglio ad una data altezza, e vedere quale risulti poi, per le
ie pendenze, il numero totale dei cavalli di forza occorrente per tale lavoro.
cifre risultanti in cavalli divise per il lavoro utile effettivo, daranno la vera
ressione della maggiore o minor bontà del sistema secondo i vari casi, o come
lsi dire, l'effetto utile del sistema.

)a ciò emerge quanto sieno lontani dal vero i risultati che si ottengono al-
quando in luogo di mantenere la medesima altezza da superare coi diversi
ni inclinati, ed il medesimo tonnaggio giornaliero, indipendentemente dal
o dei singoli convogli, si trascurò questa base di confronto e si adottò invece
lunghezza costante di piano inclinato, ed un medesimo peso di convoglio
orchiato. Queste due ultime condizioni distruggevano appunto la base di con-
nto, ossia l'unità di lavoro nell'unità di tempo. Anche noi avremmo dovuto
cedere per questa via, se la semplicità del metodo di calcolazione ed insie-
la facilità di rettificare poscia l'errore, e di rimettere la questione nel suo
o punto di vista, non ci avesse consigliati diversamente. Noi limiteremo que-
rettificazione ai casi relativi alle pendenze del 6 al 10 per %, e supporremo
l'altezza costante da superare sia di 600 metri.

Pendenze	Lunghezza λ dei piani inclinati corrispondente all'altezza di 600^m.	Valori di G relativi	Resistenza totale Z delle pulegge di sostegno.
6 p. %	λ = 10000 metri		$2S =$ 674,16 k =
7 »	8571		$2S \times 0{,}8571 =$ 577,78 =
8 »	7500	$G = 900$ k.	$2S \times 0{,}7500 =$ 504,65 =
9 »	6667		$2S \times 0{,}6667 =$ 448,99 =
10 »	6000		$2S \times 0{,}6000 =$ 404,50 =

Ora essendo costante il valore di G, componente del peso della fune, e ne stesso tempo pure invariabile per tutti i piani inclinati, gli sforzi tangenziali i due rami di fune esercitano sulle pulegge del locomotore, stante la disposizi superiormente adottata, le somme delle resistenze $R' + R_{,} + R'' +$ ecc. $+$ $+ R_{VIII}$ dovranno essere le stesse per tutti i casi, ed eguali a quelle relative pendenza del 6 per % essendo sempre il coefficiente di resistenza della fune trice di chil. 16, 04. Con ciò, avremo:

Pendenze	Valori delle differenze $2S - Z$	Somma delle resistenze relative	Lavoro totale X' corrispondente alla velocità v della fune, chilgr.tri	Effetto utile $\frac{Y}{X'}$	Effetto utile medio (1)
6 p. %	0, 0	4351, 06	48296	65, 01 p. %	
7 »	96, 38	4255, 72	47238	65, 75 »	
8 »	169, 51	4182, 92	46430	65, 59 »	65,33 p. %
9 »	225, 17	4126, 36	45802	65, 66 »	
10 »	269, 66	4081, 39	45303	64, 66 »	

(1) Se in luogo dell'altezza di m. 600 si fosse presa quella di 300 metri, si sarebbe trovat nuovo aumento del 5,02 per % per tutti i valori $\frac{Y}{X}$, per cui l'effetto utile sarebbe risultat 70,35 per %.

Questo risultato dimostra che l' altezza da superare essendo di 600 metri, effetto utile può ritenersi invariabilmente del 65, 33 per % su tutte le pendenze, qualora il coefficiente di resistenza sia costantemente di 16, 04 chilogr. per $^m/_m$ q. per la fune motrice in acciajo, e di 9 chilog. per quella d' aderenza fil di ferro. Se poi l'altezza è di soli 300 metri l'effetto utile riesce del 70,35 p. %. Esso ci ammaestra inoltre che, sotto il punto di vista delle resistenze passive, aumento progressivo di chilogr. 500 che si ha nel peso del locomotore per ogni centimetro di maggior pendenza della strada, sulla quale esso è applicato (aumento richiesto nella costruzione della macchina dalla maggior larghezza delle gole dei tamburi e dalla maggiore solidità negli ingranaggi) è costantemente compensato dalla progressiva diminuzione della lunghezza della fune.

Anche le esperienze del Dusino presentarono alcuni risultati del 65 per % di effetto utile, e si constatò che era da attribuirsi alle molte imperfezioni che presentava quell' apparecchio l' esser riuscita di circa il 60 per % la media di questi risultati.

Noi nella memoria che pubblicammo prima d' instituire le esperienze e che servì alla determinazione delle parti del meccanismo del Dusino, determinammo a priori la cifra 56, 7 per % per l'effetto utile del sistema. Questa cifra era però basata sopra il primitivo sistema, assai meno perfetto dell' attuale, e sulle formole di Colomb e di Maus per istabilire la rigidezza delle funi, le quali formole, riferendosi piuttosto alle funi in canape che a quelle in ferro, condussero a risultati meno favorevoli di quelli che si hanno dalle formole pratiche forniteci ulteriormente degli illustri fisici Weisbach e Redten Redtenbacher, dietro le accurate esperienze istituite dai medesimi sulla rigidezza delle funi metalliche.

Ora, essendosi trovato che il coefficiente di effetto utile è costante per tutte le pendenze, anche il quantitativo delle tonnellate che si potranno elevare giornalmente con una medesima forza in cavalli (facendo astrazione dalle differenti perdite di tempo dovute alla composizione dei convogli) sarà sempre la stessa, qualunque sia l' inclinazione del piano inclinato.

Infatti, il rapporto fra il tempo $\frac{\lambda}{v}$ necessario all' elevazione di vari convogli e il peso dei convogli stessi in tonnellate riesce eguale per tutti i casi suaccennati, come lo provano le relazioni

$$\frac{\lambda}{v} = \frac{10000}{3,405} \times \frac{1}{140} = \frac{8571}{3,146} \times \frac{1}{130} = \frac{7,500}{2,957} \times \frac{1}{120} = \frac{6667}{2,841} \times \frac{1}{110} =$$
$$= \frac{6000}{2,779} \times \frac{1}{100} = 20,9\ ;$$

Dunque si può conchiudere che *avendosi una data quantità di tonnellate giornaliere di convoglio da elevare ad una data altezza, col sistema funicolare Agudio, il lavoro totale a produrre sarà sempre il medesimo sia qualsivoglia la pendenza che si vorrà adottare, purchè compresa fra i limiti del 1 al 12 per %, mantenendo costante per tutte le pendenze il peso e la velocità della fune motrice, solo regolando opportunatamente i pesi dei convogli e le velocità di questi per rispetto alla velocità della fune, mercè l'intermediario del locomotore.*

Effetto utile comparativo del sistema funicolare Agudio sopra pendenze variabili dall' 1 per 100 calcolato sulla base di una medesima unità di lavoro utile, con motori f 300 cavalli di forza all' incirca, ed essendo:

Pendenza dei piani inclinati	Peso dei convogli rimorchiati in tonnellate	La lunghezza dei piani inclinati di chilometri 10. Il peso della fune motrice di chilog. 1, 50 per metro lineare		La lunghezza dei piani inclinati di chilometri 10. Il coefficiente di resistenza costante di chilog. 16, 04 per millim. quad.to		Peso della fune mo di chilg. 1. per metro line Coefficente di resisten costante di c 16,04 p. m/m Altezza cost da superar	
						600.m	30
		Coeffic. di resistenza relativo, chilog.	Effetto utile per %	Peso della fune motrice relativo, ch.mi	Effetto utile per %	Effetto uti costante p.	
1 p. %	350	12, 86	75, 00	1, 20	78, 18	65, 33	70,
2 »	250	12, 86	72, 67	1, 20	74, 88	65, 33	70,
3 »	195	13, 27	68, 67	1, 24	71, 47	65, 33	70,
4 »	160	14, 35	66, 76	1, 33	67, 09	65, 33	70,
5 »	150	15, 18	66, 16	1, 39	66, 38	65, 33	70, 3
6 »	140	16, 04	65, 08	1, 50	65, 08	65, 33	70, 3
7 »	130	16, 89	64, 03	1, 58	63, 07	65, 33	70, 3
8 »	120	17, 75	62, 91	1, 66	61, 04	65. 33	70, 3
9 »	110	18, 60	62, 03	1, 73	69, 13	65, 33	70, 3
10 »	100	19, 73	60, 31	1, 84	57, 01	65, 33	70, 3
11 »	92, 5	20, 86	60, 27	1, 94	56, 10	65, 33	70, 3
12 »	84, 5	21, 17	60, 23	1, 97	55, 02	65, 33	70, 3

Confronto fra il sistema Agudio con quello della locomotiva ordinaria e della locomotiva Fell, sotto il punto di vista della produzione ed utilizzazione della forza.

Ora che abbiamo definito in modo rigoroso il valore dell' effetto le dinamico del sistema Agudio, riesce interessante di confrontarlo ı quello che in pari condizioni di pendenza e di lavoro si ha dalnpiego della locomotiva ordinaria e di quella dei signori Brassey, ll e Compagnia. L'opportunità di tale raffronto si fa anche magırmente palese, ora, che si hanno per ognuno dei tre sistemi ldetti, tutti quei dati sperimenti, colla scorta dei quali soltanto può attendere una seria ed utile discussione. Noi cercheremo in e delicata operazione di abbandonare affatto il campo delle ipoi e di basarci interamente su fatti costatati, onde non incorrere quegli errori che lo spirito di parte, o qualche meno esatta apızzazione hanno potuto condurre a conclusioni non affatto conıtanee alla verità, come rileviamo da un lavoro di questo gee, pubblicato in Francia dapprima, il quale trovò un' eco qui da i in un opuscolo del Signor Cav. Ing.e Cottrau, che vedemmo ıerito in questa pubblicazione del *Politecnico* — Fasc. IV. Aprile 1866 rte tecnica. — Noi prenderemo precisamente le mosse dall' ene del lavoro, che fu presentato alla Società degli ingegneri cii di Parigi dal Sig. ing. Desbrière, intitolato « *Etudes sur la locoıtion au moyen du rail central* » nel quale troviamo un quadro mparativo, illustrato con tavole grafiche, sullo effetto utile dei tre temi suddetti, che noi crediamo giovevole di riportare, ed eccolo:

Quadro del Sig. ing. Desbrière che dà l'effetto utile di trazione d'un treno di 1 tonnellate sulle diverse pendenze, supposto il cofficiente d'aderenza eguale a $^1/_{10}$ ii piegando:

1.° La locomotiva ordinaria con tutte le sue ruote aderenti.
2.° La locomotiva con ruote orizzontali, esercitanti una pressio sulla rotaja centrale eguale ad una volta e mezza il suo peso.
3.° Il sistema funicolare inventato dal Sig. Agudio.

Pendenza in millimetri	Locomotiva ordinaria Effetto utile per %	Locomotiva Fell Effetto utile per %	Locomotore Agudio Effetto utile per %
0	90, 0	90, 0	46, 9
10	81, 9	87, 1	46, 9
20	72, 8	84, 8	46, 9
30	63, 6	79, 8	46, 9
40	54, 5	77, 7	46, 9
50	45, 4	72, 9	46, 9
60	36, 3	69, 1	46, 9
70	27, 2	65, 5	46, 9
80	18, 1	61, 8	46, 9
90	09, 0	58, 1	46, 9
100	00, 0	54, 5	46, 9

Ecco come il sig. Desbrière stabilisce la teorìa di questo quadr

1.° LOCOMOTIVA ORDINARIA.

Egli considera una locomotiva ordinaria a *ruote tutte aderenti* ch rimorchia un convoglio, e chiama

R lo sforzo di trazione applicato al bottone di manovella della ota motrice per mezzo della biella, riferito alla circonferenza della iota motrice, ossia moltiplicato pel rapporto inverso dei raggi della ianovella e della ruota.

In questa ipotesi il valore di R non comprende le resistenze pasve che si hanno fra lo stantuffo ed il bottone di manovella, per cui iesto valore R corrisponde al nostro valore di $\frac{\Sigma}{2} + E$ della tav. 12 pra esposta che dà lo sforzo tangenziale sulle pulegge motrici se del sistema Agudio.

r il valore di una forza orizzontale, la quale applicata egualmente le circonferenze della ruota motrice, ma in un senso contrario ad equivarrebbe all'insieme delle resistenze passive sviluppate dal mecnismo *a partire* dal bottone di manovella; quindi il valore di r non mprenderà le resistenze dovute agli attriti dello stantuffo nel ciidro, nè quello dell'asta nello stuffinbox (presse-étoupes), nè quella lla grossa testa di biella che scorre nei registri (glissière), resienze tutte che vennero diffalcate dal valore della forza R. Avremo uindi $R - r$ quale espressione dello sforzo di trazione disponibile la circonferenza della ruota, o per meglio dire, lo sforzo che esercita gancio di attacco della locomotiva sul convoglio.

Sia M il peso della macchina in tonnellate.

f coefficiente di aderenza delle ruote sulle rotaje.

Il limite massimo dello sforzo R è dato dalla equazione

$$R - r = Mf$$

Con questa condizione infatti lo sforzo disponibile $R - r$ impedirà scivolamento (pattinage) della macchina. D'altra parte, chiamando

α la tangente dell'angolo d'inclinazione del piano

a il coefficiente di resistenza del convoglio, non compresa la acchina, espressa in chilogrammi per tonnellata di convoglio

t il peso del convoglio espresso in tonnellate,

si ha la relazione

$$Mf = \alpha M + (a + \alpha) t$$

da cui (1) $$M = \frac{a + \alpha}{f - \alpha} t$$

e quindi $$R - r = M f = f t \frac{a + \alpha}{f - \alpha}$$

ed $$R = r + f t \frac{a + \alpha}{f - \alpha}$$

Dalle numerose esperienze fatte per determinare il valore di sopratutto per cura del distinto ing.e Poirée sulla strada ferrata Lione sopra locomotive alle quali avevasi levato il bottone di a colazione della testa di biella, si è trovato che questo valore di r è proporzionale al peso della macchina e quasi eguale a 10 chilo per tonnellata di essa. Giova notare che dette locomotive erano ma chine miste a viaggiatori, aventi ruote del diametro di $1^m 2$ ad $1,^m 30$.

Supposto che le ruote della nostra locomotiva abbiano un tal di metro, si avrà

$$r = 10 M = 10 t \frac{a + \alpha}{f - \alpha} \text{ chilogrammi}$$

Per conseguenza lo sforzo R di trazione da prodursi sulla circo ferenza delle ruote motrici, onde effettuare il movimento della ma china e del convoglio è dato dalla formola

$$(2) \qquad R = (f + 10) \frac{a + \alpha}{a - \alpha} t$$

nella quale f, a, α sono espressi in millesimi presi per unità
t in tonnellate di 100 chilogrammi
R in chilogrammi.

II.° Locomotiva Fell.

Consideriamo ora il caso della locomotiva Fell, con aderenza arti ciale mercè la pressione di quattro ruote orizzontali contro la rota centrale, e coll'aderenza delle quattro ruote verticali sulle rota della strada.

Sia P la pressione artificiale prodotta dalle molle sulle ruote oriz-
ıtali; e stando le medesime significazioni per le altre lettere, come
ıra, si avrà dapprima

$$R - r = (M + P) f$$

l'altra parte

$$(M + P) f = \alpha M + (a + \alpha) t;$$

ı K il rapporto $\frac{P}{M}$ della pressione orizzontale rispetto al pèso della
ıcchina, per cui si avrà $P = MK$ e per conseguenza

$$M + P = M (1 + K)$$

ndi

$$M (1 + K) f = \alpha M + (a + \alpha) t$$

cui (3)

$$M = \frac{a + \alpha}{f (1 + K) - \alpha} t$$

Per ottenere anche in questo caso della locomotiva Fell il valore
R, facciamo osservare che qui r non ha il medesimo valore come
l caso della locomotiva ordinaria; esso inoltre deve risultare
mposto di due termini, l'uno proporzionale alla pressione M,
l'altro alla pressione P. Infatti pel modo con cui lavora la mac-
ina Fell, questi due termini o coefficienti delle pressioni M, P,
n possono essere eguali fra loro, perchè mentre lo stantuffo motore
ıera in modo diretto sulle manovelle delle ruote orizzontali, agisce
vece in modo indiretto sulle manovelle delle ruote verticali, mercè
una inversione di movimento fatta coll'intermediario d'un albero
gomito.

Il sig. Desbrière non soltanto ammise eguali fra loro questi due
ıefficienti di M e P, ma li suppose ambedue pari al cofficiente di
) chilogrammi sopraccennato, come nel caso di una locomotiva or-
naria. Questa seconda ipotesi è dimostrata erronea dal semplice
tto che, se per una locomotiva con ruote accoppiate aventi un dia-
ıetro di 1m 20 si trovò $r = 10\, M$, dovevasi, per la locomotiva Fell che
a le ruote del diametro di 0m 686, fissare

$$\text{non già} \quad r = 10 \times (M + P), \quad \text{ma}$$

$$r = \frac{1,20}{0,686} \times 10 (M + P) = 17,493 \times (M + P)$$

questa relazione suppone ancora che il moltiplicatore di M e di P
ia il medesimo, e che corrisponda al caso più favorevole, cioè a
uello della trasmissione diretta dello sforzo dello stantuffo sui bot-
oni di manovella delle ruote orizzontali.

Accettiamo nullameno questa seconda ipotesi e chiamiamo σ il c ficiente di $(M + P)$, ed avremo:

$$r = \sigma\,(M + P) = \sigma\,M\,(1 + K)\,,$$

sostituendo per M il suo valore nella formòla 3, si trova

$$r = \sigma\,t\,\frac{(a\,\alpha) + (1 - K)}{f\,(1 + K) - \alpha}$$

Da ciò che precede si deduce

$$R = r + (M + P)\,f = r + M\,(1 + R)\,f$$

e quindi

$$(4) \qquad R = t\,\frac{(1 + K)\,(a + \alpha)\,(f + \sigma)}{f\,(1 - K) - \alpha}$$

Le formole (1), (2), (3), (4) danno gli sforzi totali necessari per rim chiare i convogli in ciascun caso particolare, ed il peso delle macchi relative secondo un coefficiente di aderenza determinato. Esse perm tono inoltre di stabilire un paragone dei due sistemi di trazione co locomotiva ordinaria, e colla locomotiva Fell. Così supponendo p esempio un convoglio di 100 tonnellate ed una aderenza determina di $1/_6$ od $1/_8$ od $1/_{10}$ che corrisponde ai valori di $f = 166{,}66$ $f = 12$ $f = 100$ ed ammettendo per a il valore di 5 chilog. per tonnella e per K il rapporto che si ha fra la pressione artificiale e la pres sione naturale dovuta al peso della macchina, otterremo per ciasc valore di α il valor corrispondente dello sforzo di trazione R nei du sistemi. Prima di passar oltre vediamo anche di derminare il valo di K nella macchina di 17 tonnellate di peso sperimentata al Mon pisio, e così pure il valore di f.

Il Sig. Desbrière, nello stabilire il suo quadro comparativo che al biamo esposto, pone $K = 1{,}5$, che vale quanto dire che la pressio artificiale prodotta dalle molle sia di $1{,}5 \times 17 = 25{,}5$ tonnellate. Que sta ipotesi suppone sopra ogni ruota orizzontale una pressione

$$\frac{25500}{4} = 6375 \text{ Kilg.}$$

Realmente il piccolo diametro di metri 0,686 delle ruote suddette al potrebbe comportare siffatta pressione, la quale sarebbe appena nmissibile con un diametro di $1^{m.}$ 0, onde conservare le ruote ı buon stato sotto i traballamenti continui e le ondulazioni laterali èlla macchina. Nelle esperienze suddette il valore adottato per *K* fu ıolto al disotto di 1,5 come lo prova la relazione della Commissione aliana presentata al Ministero dei lavori pubblici, e che trovasi inırita nel volume intitolato: *Nuovi studii commerciali e tecnici per scelta del passaggio a traverso le Alpi Elvetiche.*, là dove dice a ıg. 225 che « le ruote orizzontali non presentavano dopo le esperienze indizii sensibili di logoramento *quantunque non fossero più caricate che le orizzontali,* sulle cui periferie si osservò già un evidente consumo ».

Ammettendo adunque che la pressione orizzontale arrivi a pareggiare quella verticale e che con una miglior forma di rotaja centrale, ìe non era quella stata impiegata e con una macchina di più perıtta costruzione, si pervenga a rendere il logoramento delle ruote rizzontali pari a quello delle ruote verticali, nonostante le maggiori cause di deterioramento di quelle, avrebbesi

$$K = \frac{17}{17} = 1,00$$

Per riguardo poi al valore del coefficiente d'aderenza *f* che il Sig. Desbrière suppone uguale tanto per la locomotiva ordinaria che per uella del Sig. Fell, devesi far notare un' altra inesattezza.

La locomotiva ordinaria, potendo utilmente far uso della sabbia, periene ad elevare il suo coefficiente di aderenza ed a portarlo ben anco d $^1/_5$, come lo prova l'esercizio delle macchine del Sig. Ellet sui iani inclinati del 6 al 9 per $^0/_0$, dei quali si hanno numerosi esempi n America. — Colla locomotiva Fell invece riesce non solo difficile 'uso della sabbia per riguardo alle ruote orizzontali, ma è ben anco pe-

ricoloso, perchè esporrebbe il meccanismo al grave danno di una introduzione di sabbia nei suoi movimenti. — Oltre a ciò, questa locomotiva non può mai contare interamente sull'aderenza della rotaja centrale, stante la facilità di scivolamento che hanno le piccole ruote orizzontali, per effetto sopratutto del traballamento continuo della macchina, come fu constatato nelle esperienze della Commissione italiana.

Per conseguenza volendo per la locomotiva ordinaria fissare $f = {}^1/_8 M$ sarà sempre far la parte del sistema Fell qualora si stabilisse per essa $f = {}^1/_{10} (M + P)$ nelle formole dell'effetto utile comparativo.

Per meglio giustificare i nostri apprezzamenti intorno ai valori di f, σ, K della formola (4), confronteremo l'espressione numerica di questa formola, relativa alla pendenza del 81 per mille, col risultato che si reca direttamente dalle esperienze istituite nel luglio 1865 dalla Commissione italiana, incaricata dal Governo di riferire sulle medesime.

A pagina 227 del volume già citato, portante le molte relazioni della grande Commissione internazionale di Firenze per la scelta del passo Alpino, troviamo il quadro seguente:

Numero d' ordine	Date Luglio	COMPOSIZIONI DEI TRENI	Peso rimorchiato	Stato delle rotaje	CHILOMETRI percorsi nelle Ascese	Discese	VELOCITÀ in chilometri Ascese	Discese	PRESSIONE in libbre N. di corse	Massima	Minima	ACQUA consumata nelle ascese	CONSUMAZIONE per chilom. in ascesa Acqua	Combustibile
			Chilog.									Litri		
1	27,29	Locomotiva e 5 veicoli.......	39600	Secche	11,400	12,400	11,03	10,78	1	72	95	4277	375,20	42,83
									1	90	113			
									2	90	125			
									1	100	127			
									1	100	130			
2	27	id. id. (scivolamenti)	39600	Umide	0,950	—	6,70	—	1	100	127	493	519 »	59,31
3	27	Locomotiva e 3 veicoli.......	32700	Secche	3,800	3,800	15,70	11,40	1	87	120	1200	315 »	35,96
									1	100	120			
									1	35	60			
4	28	Locom. sola con pressione normale	17000	Secche	12,900	13,700	13,24	11,83	2	42	75	3019	234 »	26,71
									1	50	70			
									1	50	80			
									1	53	60			
									3	85	100			
									1	100	113			
5	28	id. id. id........	id.	Bagnat.	1,100	1,100	—	—	1	50	60	271	248 »	28,12
6	29	Locom. sola con pressione eccezion.	id.	Secche	5,200	5,200	12,44	10,76	1	42	57	1306	250 »	28,54
									1	77	85			
									1	85	90			
									1	105	85			
												10566		
		Perdita d'acqua e di vapore	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2103		
		Acqua totale vaporizzata . . .										12669		

Prendiamo in questo quadro le esperienze eseguite il giorno 2
29 luglio, nelle quali la locomotiva Fell di 17 tonn. di peso rim
chiò in ascesa il suo massimo convoglio di N. 5 veicoli del peso co
plessivo di 22, 5 tonn. colla velocità di 11, 03 chilom. all'ora, m
tenendo nella caldaja la pressione di 75 a 95 libbre inglesi.

Il consumo di combustibile sopra un percorso di 11400 metri fu
42,83 chilog. per chilometro.

Dalla stessa tavola rileviamo pure che il giorno 28 luglio la s
locomotiva colla pressione normale di 50 a 80 libbre inglesi consu
chilog. 26,71 per chilometro sopra un percorso di 12900 metri in
lita colla velocità 13,24 chilometri. In ambedue le esperienze le rot
erano secche. Da questi risultati possiamo a buon diritto inferirne, c
sottraendo dalla quantità di combustibile di chilog. 42,83 consum
nella 1.ª serie di esperienze, quella di chilog. 26,71 relativa alla
serie, la differenza risultante di 16,12 chilog. è la vera espressi
della quantità di combustibile per chilometro che la macchina ha br
ciato per effettuare il lavoro della trazione dei cinque veicoli di co
voglio, non compreso il lavoro che essa ha dovuto produrre per mu
vere sè stessa.

Veramente nelle due esperienze essendovi qualche divario nella ve
locità della macchina, avrebbesi una leggera inesattezza sul valo
della differenza sopra notata della quantità di combustibile consumat
ma d'altra parte, siccome le resistenze passive dovute al movimen
proprio della macchina hanno dovuto richiedere nel caso della 1.ª se
di esperienze, una quantità di combustibile maggiore di chilog. 26,7
che vennero trovati nella 2.ª serie, stante il maggiore sforzo che es
ha dovuto spiegare in quella 1.ª serie di esperienze, così potremo di
che la quantità di combustibile esclusivamente dovuta al movimen
ascenzionale chilometrico dei 5 veicoli, sarà sempre inferiore ai 16,1
chilog., e quindi l'effetto utile del sistema Fell sarà inferiore a

$$\frac{16,12}{42,83} = 0,376$$

ssia minore del 37,6 per %.

Ora confrontiamo questo coefficiente pratico con quello che si ha alla formola (4) ponendo in essa i valori da noi determinati di

$$t = 22,5, K = 1, \sigma = 17,493, f = 100, a = 5, \alpha = 81$$

avremo per la resistenza totale

$$R = 3842 \text{ chilogrammi},$$

r la resistenza utile

$$R' = 1944 \text{ chilogrammi}.$$

Il rapporto fra la resistenza utile R' dovuta al movimento ascenziale, l convoglio, e la somma delle resistenze totali R, darà l' effetto ile, il quale sarà:

$$\frac{R'}{R} = 0,5058$$

sia il 50,58 per %, invece del 37,6 ottenuto sperimentalmente. notevole differenza fra l'effetto utile direttamente ricavato dai dati lle esperienze e quello dedotto dalla formola, dimostra che siamo iti molto indulgenti nella rettificazione dei valori dei coefficienti del . Desbrière; ma abbiamo fatto ciò nella fiducia, che nuovi perfe-namenti e sopratutto l' introduzione della espansione, almeno in rte, del vapore nella macchina Fell, pervengano a far scomparire il te divario che tuttora esiste fra i due effetti utili, sperimentale e rico.

Per quanto poi ci vorremo studiare di far la parte del sistema Fell, i non ci sentiamo in grado di armonizzare l'enorme dissonanza che ssa fra il risultato sperimentale che dà il 37,6 per % e quello del 61,1 % che risulta dalle formole ed ipotesi del sig. Desbrière, relativa a pendenza del 81 per %. Lasciamo quindi a questo distinto inge-ere il carico di svolger siffatto interessante lavoro.

Rettificazione della tavola comparativa del Signor Desbrière fra i tre sistemi portati a pagina 72, ossia alla linea Quadro dell' effetto utile dinamico risultante dall' impiego:

Pendenze	della locomotiva ordinaria con tutte le ruote accoppiate, essendo nella formola $R = t(f+\sigma)\frac{a+\alpha}{f+\alpha}$ $\sigma = 10$ chilog. $f = \frac{1}{8}$ d' aderenza $= 125$ K. per tonnellate di macchina	della locomotiva Fell essendo nella formola $R = t \times \frac{(1+K)(a+\alpha)(f+\alpha)}{f(1+K)-\alpha}$; $K = 1$ $\sigma = 17,493$ $f = \frac{1}{10}$ d'ader.za $= 100$ K. per tonn.ta di macchina.	della locomotiva Fell secondo l'esperienze della Commiss.ne italiana basandosi sulla quantità di combustibile consumato.	del locomot[ore] Agudio, essendo il peso d[el]la fune mot.e 1,… per metro corr.… coefficiente di … sist.za 16,04 m/m … l'altezza da supe[ra]re con un sol pi[ano] inclinato di 300 metri	600 m…
10	85, 2	80, 8	60, 0	70, 4	65, 3
20	77, 8	76, 6	56, 9	70, 4	65, 3
25	74, 3	74, 0	55, 0	70, 4	65, 3
30	70, 3	72, 3	53, 3	70, 4	65, 3
33	68, 2	69, 2	51, 1	70, 4	65, 3
40	62, 9	67, 1	50, 4	70, 4	65, 3
50	55, 5	65, 3	48, 2	70, 4	65, 3
60	48, 2	60, 6	45, 2	70, 0	65, 3
70	40, 7	55, 9	41, 4	70, 4	65, 3
80	33, 3	51, 0	37, 8	70, 4	65, 3
81	33, 0	50, 6	37, 60	70, 4	65, 3
90	25, 9	48, 1	35, 60	70, 4	65, 3
100	18, 5	42, 7	31, 8	70, 4	65, 3
110	11, 1	38, 3	28, 2	70, 4	65, 3
120	3, 6	34, 0	25, 3	70, 4	65, 3

Dalla ispezione di questo quadro si rileva:

1.° Che la locomotiva ordinaria, con tutte le sue ruote aderenti il mezzo di trazione che dà il maggior effetto utile dinamico, a rtire dall'orizzonte sino alla pendenza del 25 per mille in confronto sistema Fell ed Agudio.

2.° Che dal 25 per mille al 33 per mille di pendenza gli effetti li dei tre sistemi differiscono poco fra loro, e si avrebbe un leggero ntaggio col sistema Fell sugli altri due, stando ai risultati del colo, mentre stando a quelli delle esperienze questo sistema sabe di molto inferiore agli altri due.

3.° Che a partire dalla pendenza del 33 per mille sino alla masa pendenza di 120 millimetri per metro, il sistema Agudio si ntiene sempre superiore agli altri e li sorpassa vieppiù, mano no che le pendenze crescono, sulle quali esso si mantiene costante.

4.° Infine rilevasi un buon accordo fra questi risultati e quelli vati dalle molte Commissioni nazionali ed estere che fecero un me comparato fra questi sistemi di trazione.

Effetto utile pratico.

Oltre l'effetto utile dinamico, la di cui importanza è piuttosto scienca che pratica, un altro effetto utile e che noi chiameremo *effetto le pratico*, hassi a stabilire, quello, cioè, della quantità effettiva combustibile consumata, onde produrre un lavoro determinato in scuno dei tre sistemi contemplati. Questa sarà la sola misura della ggiore o minore convenienza di un sistema rispetto all'altro, sotto unto di vista della produzione ed utilizzazione della forza. Riesce ano come finora non siasi fatto un gran caso di questo effetto utile tico, mentre esso è la vera base di confronto nella scelta di un ema, ed esso solo traduce in denaro l'economia sul lavoro del moe che si vuole adottare.

Per istabilire questo effetto pratico troveremo pei tre sistemi il antitativo di combustibile che il motore deve consumare per forza cavallo e per ora, per produrre un dato lavoro.

Locomotiva Ordinaria.

È noto che una buona locomotiva avente le ruote tutte aderenti quale è la locomotiva Petiet, consuma in marcia, chilog. 2,50 all'incirca per forza di cavallo e per ora. Così pure sappiamo che le nostre migliori locomotive dei Giovi (sistema Stephenson), le quali pure utilizzano tutta l'aderenza, bruciano chilog. 2,80 all'incirca per forza di cavallo e per ora, non contando in questa valutazione il consumo che si ha nell' accendimento e riscaldamento della macchina.

Noi adotteremo la cifra minore di 2,50 per il caso della locomotiva ordinaria.

Locomotiva Fell.

Risulta dalle esperienze della Commissione italiana riportata nella tavola 19, che questa locomotiva, marciando colla velocità di 11,03 chilometri all'ora con un convoglio di N. 5 veicoli, di 22,6 tonn. di peso ha consumato in un' ora $11,03 \times 42,83 = 472,41$ chilogrammi di combustibile.

Il lavoro prodotto da questa macchina per 1″ è dato da

$$R \times \frac{11030}{3600''} = 3840 \times 3,064 = 11768,82 \text{ chilogrammetri},$$

corrispondente a 156,9 cavalli-vapore.

Questo stesso numero di cavalli fu anche trovato dalla stessa Commissione italiana, e riportato a pag. 231 della più volte citata sua relazione.

Dividendo ora il numero dei chilogrammi di combustibile bruciati in un'ora di tempo per il numero dei cavalli, si ha la quantità di combustibile per cavallo e per ora, la quale è di

$$\frac{472,41}{156,92}\ 3,001 = \text{chilog.}$$

Adotteremo adunque la cifra di 3 chilog. per il consumo di combustibile relativo alla locomotiva Fell per forza di cavallo all'ora.

Locomotore Agudio.

Le grosse macchine fisse con dilatazione e condensazione, della rza di 300 a 320 cavalli, che s'impiegano con questo sistema, non ɔtranno mai consumare più di chilog. 1,50 per forza di cavallo e per a, tanto più se la qualità del combustibile è la medesima di quella ıe esigono le locomotive suddette.

Ritenuta questa consumazione massima nel caso nostro, sarà facile ɔdurre il quadro dell'effetto utile pratico stabilito sopra una medesima ıantità di combustibile consumato, moltiplicando gli effetti utili dinaici della locomotiva ordinaria, della locomotiva Fell e del locomotore ɔpettivamente per i numeri

$$\frac{1,5}{2,5} = 0,6\;, \qquad \frac{1,5}{3,0} = 0,5\;, \qquad \frac{1,5}{1,5} = 1.$$

dro dell'Effetto utile pratico riferito a una medesima quantità di combustibile consumato per produrre un medesimo lavoro di sollevazione di un convoglio:

'ENDENZE	Colla locomotiva ordinaria, con ruote tutte aderenti	Colla locomotiva Fell		Col sistema Agudio	
		Secondo la formola	Secondo le esperienze	L'altezza superata essendo 300 m.	600 m.
10	51,1	40,4	30,0	70,4	65,3
20	46,7	38,3	28,5	70,4	65,3
30	42,2	36,2	26,7	70,4	65,3
40	37,7	34,1	25,2	70,4	65,3
50	33,3	32,7	24,1	70,4	65,3
60	28,9	29,5	22,6	70,4	65,3
70	24,4	27,9	20,7	70,4	65,3
80	20,0	25,5	18,9	70,4	65,3
90	15,5	24,1	17,8	70,4	65,3
100	11,10	21,4	15,9	70,4	65,3
110	6,7	19,2	14,1	70,4	65,3
120	2,2	17,0	12,6	70,4	65,3

L'insieme di questo quadro comparativo sull'effetto utile pratico, consider sotto il duplice punto di vista della produzione e della utilizzazione della fo ci ammaestra:

1.° Che il sistema Agudio è sempre e di gran lunga superiore alla locomoti ordinaria, ed alla locomotiva Fell, sia qualsivoglia la pendenza della strada.

2.° Che la locomotiva ordinaria con tutte le sue ruote aderenti è preferib al sistema Fell a partire dall'orizzontale fin sulla pendenza del 5 per %, a che stando ai risultati del calcolo che suppone nuovi importanti perfezionam in questo sistema.

3.° Che stando invece ai risultati delle esperienze fatte al Moncenisio, l locomotiva ordinaria darebbe un maggior effetto utile pratico in confronto al locomotiva Fell, a partire dall'orizzontale fin sulla pendenza del 8 per %.

Ciò proverebbe la superiorità delle locomotive americane, sistema Ellet, sul locomotive Fell.

4.° Che sulle pendenze del 5 al 6 per % l'effetto utile pratico del sistem Agudio riesce doppio di quello della locomotiva ordinaria, e triplo di quel risultante dalle esperienze sul sistema Fell.

5.° Che oltrepassata la pendenza del 10 per %, la locomotiva Fell, e pi ancora la locomotiva usuale divengono inammessibili praticamente, mentre ch il sistema Agudio mantiene costantemente l'importante suo effetto utile, del 6 al 70 per % come sulle pendenze minori.

Tali risultati servono di esplicita risposta alle sentenze emesse dai signori D sbrière e Cottrau, secondo le quali *il locomotore Agudio sarebbe inferiore al sistem di locomotiva usuale, almeno sino ai 60 millimetri di pendenza, e sarebbe semp inferiore alla locomotiva Fell ogni qualvolta non si possa disporre di una forza na turale come quella d'una caduta d'acqua.*

Fortunatamente pel sistema Agudio su tutti e tre i mezzi di trazione che ab biamo posti a confronto, si hanno i dati sperimentali che parlano chiarament

quali, e non su delle ipotesi, abbiamo potuto stabilire l'insieme dei calcoli sottoponiamo alla pubblica osservazione; conchiudendo, che concordemente 'opinione delle *nove* Commissioni tecniche, che altamente encomiarono il sistema udio, il vantaggio che ha questo sistema di poter utilizzare una forza d'ac- ben anche considerevolissima, è bensì una prerogativa di più che esso pos- e in confronto agli altri, ma non già una condizione necessaria di sua appli- ilità. L'ultima parte di questa memoria che tratterà della spesa generale di ianto e d'esercizio servirà a maggiore conferma della esattezza delle suesposte clusioni, e dimostrerà viemmeglio com' esse s'accordino colle opinioni state sse intorno a questo sistema di trazione da tutte le Commissioni esami- ici.

Ing.e T. AGUDIO.



F. BRIOSCHI, *Direttore e Gerente risponsabile*,

IL POLITECNICO.

CONTO PREVENTIVO

DELLA

SPESA D'IMPIANTO

E

SPESA D'ESERCIZIO

PEL

SISTEMA FUNICOLARE

AGUDIO.

Spesa generale d' installazione della fune d'ad			
	Fune d' adere		
Pendenze.	Peso dei convogli rimorchiati.	Peso della fune d'aderenza per metro lineare.	Prezzo per c di fune in f ferro della s N.° 15.
	Tonnellate.	Chilog.	Fr.
10 per %	300	2, 932	
20 »	250	4, 040	
30 »	195	5, 720	
40 »	160	6, 208	
50 »	150	7, 493	
60 »	140	8, 350	1.00
70 »	130	9, 003	
80 »	120	9, 699	
90 »	110	10, 105	
100 »	100	10, 317	
110 »	92, 5	10, 329	
120 »	84, 5	10, 342	

ra un piano inclinato di 10 chilometri di lunghezza.

a fil di ferro.

unghezza della fune per un piano di 10 chilometri.	*Spesa totale per la fune d'aderenza.*	*Tenditore della fune di aderenza al piede del piano inclinato e punto d'attacco alla sommità.*
Metri.	Fr.	Fr.
	30786, 00	3000
	42420, 00	3000
	60060, 00	3000
	65184, 00	4000
	78676, 50	4000
10500	87675, 00	4000
	94531, 50	5000
	101839, 50	5000
	106102, 50	5000
	108328, 50	6000
	108454, 50	6000
	108591, 00	6000

	Spesa generale d'installazione		
Pendenze	Numero dei sostegni sopra $^3/_5$ della lunghezza del piano inclinato in linea retta, i sostegni essendo posti a 12 metri di distanza l'uno dall'altro.	Prezzo d'ogni sostegno	Spesa totale sulle linee curve
	N.°	Fr.	Fr.
10 per %		8, 0	4000
20 »		8, 0	4000
30 »		8, 0	4000
40 »		9, 5	4750
50 »		9, 5	4750
60 »	500	9, 5	4750
70 »		12, 0	6000
80 »		12, 0	6000
90 »		12, 0	6000
100 »		15, 0	7500
110 »		15, 0	7500
120 »		15, 0	7500

legni della fune d'aderenza.

ımero dei doppi sogni sopra $^2/_5$ della ıghezza del piano innato in curva esıdo essi a 6^{metri} di tanza sulle curve 300m· di raggio.	Prezzo d'ogni doppio sostegno sulle curve.	Spesa totale sulle curve	*Spese totali dei sostegni della fune di aderenza su tutta la lunghezza del piano inclinato.*
N.°	Fr.	Fr.	Fr.
	16	10656	14656
	16	10656	14656
	16	10656	14656
	20	13320	18070
	20	13320	18070
666	20	13320	18070
	26	17316	23316
	26	17316	23316
	26	17316	23316
	32	21312	28812
	32	21312	28812
	32	21312	28812

Spesa generale d'installazione della fune motrice

Pendenze	Fune motrice in acciajo				Soste
	Peso della fune per metro corrente, onde resistere allo sforzo costante di chilogr. 16,04 per m/m q. di sua sez. metallica.	Prezzo per chilog. della fune motrice in fil d'acciajo del N.° 16	Lunghezza della fune per 10 chilometri di piano inclinato	*Spesa totale per la fune motrice.*	Numero dei sostegni sui 3/ della lunghezza de piano incli nato in li nea retta
	Chilogr.	Fr.	Metri	Fr.	N.°
10p.%	1, 20			64320	
20 »	1, 20			64320	
30 »	1, 24			66464	
40 »	1, 33			70288	
50 »	1, 39			74504	
60 »	1, 50	1, 60	21000	80400	1000
70 »	1, 58			84688	
80 »	1, 66			88976	
90 »	1, 73			92728	
100 »	1, 84			98724	
110 »	1, 94			103984	
120 »	1, 97			105592	

...ajo sopra 10 chilometri di piano inclinato.

...ulegge di sostegno della fune motrice

...ni sulle rette		Sostegni sulle curve			
Prezzo unitario	Prezzo totale	Numero dei sostegni sui $^2/_5$ del piano inclinato sopra curve di 300 metri di raggio	Prezzo unitario	Prezzo totale	*Totale della spesa per le pulegge di sostegno della fune motrice*
Fr.	Fr.	N.°	Fr.	Fr.	Fr.
20	20000	1332	30	39960	59960
24	24000		36	47952	71952

Spesa generale di N. 2 apparecchi delle puleggie motrici fi

Puleggie motrici fisse.

Pendenze.	Peso totale delle quattro puleggie motrici fisse.	Spesa totale delle puleggie a fr. 0, 80 al chilog.	Spesa per la costruzione delle due gabbie delle puleggie.	*Spesa totale per l'installazione delle puleggie motrici.*
	Chilog.	Fr.	Fr.	Fr.
10 p. %				
20 »				
30 »				
40 »	4000	32000	10000	42000
50 »				
60 »				
70 »				
80 »				
90 »				
100 »	5000	40000	11000	51000
110 »				
120 »				

dei due tenditori collocati agli estremi del piano inclinato.

Tenditori.					
Peso di iaschedun tenditore.	Spesa totale dei carri tenditori a fr. 0,75 al chilogram.	Spesa relativa per la ferrovia dei due tenditori sopra 50 m. di corsa.	Pozzi dei due contrappesi di m. 10 di profondità e 0.m70 di diametro.	Spesa dei due contrappesi e tiranti.	*Spesa totale d'installazione dei tenditori.*
Chilog.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
3000	4500			1000	12500
		3000	4000		
4000	6000			1500	14500

Spesa per N. 5 Locomotori pel

Pendenza.	Locomotori.	Peso di ciaschedun Locomotore.
		Chilogrammi.
10 per %		15000
20 »		15000
30 »		15000
40 »		15000
50 »		15500
60 »		16000
70 »	*Cinque.*	16500
80 »		17000
90 »		17500
100 »		18000
110 »		18000
120 »		18000

ervizio del piano inclinato.

Peso totale dei locomotori	Prezzo al chilogrammo	*Spesa totale per i cinque locomotori.*
Chilogrammi.	Fr.	Fr.
75000		125500
75000		125500
75000		125500
75000		125500
77500		131750
80000		136000
82800	1.70	140250
85000		144500
87500		148750
90000		153000
90000		153000
90000		153000

Riassunto delle spese generali d' impianto

Pendenze dei piani inclinati	10 per % Fr.	c.	20 per % Fr.	c.	30 per % Fr.	c.	40 per % Fr.	c.	50 per % Fr.	c.
Fune d'aderenza	30786	00	42420	00	60060	00	65184	00	78676	30
$^1/_{10}$ di fune di scorta . .	3078	60	4242	00	6006	00	6518	40	7867	60
Suo tenditore e punto d'attacco	3000	00	3000	00	3000	00	4000	00	4000	00
Sostegni della fune d'aderenza.	14656	00	14656	00	14656	00	18070	00	18070	00
Fune motrice in acciajo	40320	00	40320	00	41664	00	44688	00	46704	00
Altra fune di riserva . .	40320	00	40320	00	41664	00	44688	00	46704	00
Pulegge di sostegno . . .	59960	00	59960	00	59960	00	59960	00	59960	00
$^1/_{10}$ d'aumento per le pulegge di scorta	5996	00	5996	00	5996	00	5996	00	5996	00
N.° 2 apparecchi delle pulegge motrici fisse . . .	42000	00	42000	00	42000	00	42000	00	42000	00
N.° 2 tenditori	12500	00	12500	00	12500	00	12500	00	12500	00
N.° 5 locomotori	125500	00	125500	00	125500	00	125500	00	131750	00
Spesa totale di costruzione del sistema funicolare	378116	60	390914	00	413006	00	434104	40	454227	10
Officina per riparazione.	60000	00	60000	00	60000	00	60000	00	60000	00
N. 2° stabilimenti per le macchine	100000	00	100000	00	100000	00	100000	00	100000	00
N.° 2 macchine a vapore di 320 cavalli cadauna .	300000	00	300000	00	300000	00	300000	00	300000	00
$^1/_{10}$ in più sul totale per posa generale per spese imprevedute	83811	66	85091	40	87300	60	88910	40	91622	70
Spesa generale d'impianto del sistema	921928	26	936005	40	960306	60	978014	84	1005649	85
Spesa chilomet. d'impianto del sistema Agudio .	92193	00	93600	54	96031	00	97801	48	100565	00

el sistema sopra 10 chilometri di piano inclinato.

60 per °/₀		70 per °/₀		80 per °/₀		90 per °/₀		100 per °/₀		110 per °/₀		120 per °/₀	
Fr.	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*
87675	00	94531	50	101839	50	106102	50	108328	50	108454	50	108591	00
8767	50	9453	15	10183	95	10610	25	10832	85	10845	45	10859	10
4000	00	5000	00	5000	00	5000	00	6000	00	6000	00	6000	00
18070	00	23316	00	23316	00	23316	00	28812	00	28812	00	28812	00
50400	00	53088	00	55776	00	58128	00	61824	00	65184	00	66192	00
50400	00	53088	00	55776	00	58128	00	61824	00	65184	00	66192	00
59960	00	71952	00	71952	00	71952	00	71952	00	71952	00	71952	00
5996	00	7195	20	7195	20	7195	20	7195	20	7195	20	7195	20
42000	00	51000	00	51000	00	51000	00	51000	00	51000	00	51000	00
12500	00	14500	00	14500	00	14500	00	14500	00	14500	00	14500	00
136000	00	140250	00	144500	00	148750	00	153000	00	153000	00	153000	00
475768	50	523373	85	541038	65	554681	95	573268	05	582127	15	584293	30
60000	00	60000	00	60000	00	60000	00	60000	00	60000	00	60000	00
100000	00	100000	00	100000	00	100000	00	100000	00	100000	00	100000	00
300000	00	300000	00	300000	00	300000	00	300000	00	300000	00	300000	00
93576	85	98337	38	100103	86	101468	00	103326	85	104212	72	104429	63
1029346	35	1081711	23	1101142	51	1116150	14	1136150	14	1146339	86	1148722	63
102935	00	108171	12	110114	25	111615	00	113615	00	114634	00	114872	26

**Movimento totale giornaliero in tonnellate di convoglio che si effettuerà so
portate nei quadri precedenti del**

Pendenze.	Peso dei convogli rimorchiati.	Velocità dei convogli al minuto secondo.
	Tonnellate.	Metri.
10 per %	300	7, 512
20 »	250	5, 221
30 »	195	4, 702
40 »	160	4, 406
50 »	150	3, 804
60 »	140	3, 405
70 »	130	3, 146
80 »	120	2, 957
90 »	110	2, 841
100 »	100	2, 779
110 »	92, 5	2, 778
120 »	84, 5	2, 777

n piano inclinato di 10 chilometri di lunghezza, adottando le sezioni delle funi pesa d'impianto del sistema.

Tempo η necessario a percorrere il piano inclinato di 10 chilometri di lunghezza in minuti primi.	Intervallo totale di tempo per l'invio di un convoglio ed il successivo in minuti primi. $2 \times (\eta + 6) = \varsigma$	Numero dei convogli elevati al giorno. $\frac{24 \times 60}{\varsigma}$	Numero delle tonnellate elevate al giorno.
Minuti primi.	Minuti primi.	N.°	Tonnellate.
$\eta = 22$	56	26	7800
32	76	19	4750
35	82	18	3510
38	88	17	2720
44	100	15	2250
49	110	14	1960
53	118	12	1560
56	124	12	1440
58	128	12	1320
60	132	11	1100
60	132	11	1017
60	132	11	929

Spesa d' esercizio

DEL

SISTEMA AGUDIO.

Per poter determinare le spese d'esercizio del nuovo sistema con-rrà primieramente stabilire la durata probabile della fune d'aderenza della fune motrice impiegate ad effettuare un movimento di tras-rti quale venne rappresentato nell'ultima tabella. Onde avere dei gguagli positivi sui quali basare la durata di queste funi, dovremo ortarci ai dati pratici dell'esercizio di alcuni piani inclinati tuttora istenti ed esercitati col sistema funicolare ordinario, e sopratutto r la fune motrice, dovremo prender per norma il metodo delle tras-ssioni telodinamiche, essendovi molta analogia nel funzionamento questi due sistemi.

Incominceremo dal dimostrare che la velocità di 40 chilometri 'ora, che vogliamo imprimere alla fune motrice, non ha nulla di orbitante.

Infatti sul piano inclinato di Glasgow la fune cammina colla ve-ità di 32 a 35 chilometri l'ora, e sulla linea di Londra a Blakwall convogli venivano tirati direttamente dalla fune colla velocità di chilometri l'ora.

Nelle trasmissioni telodinamiche poi si porta la velocità della fune 20 ed anche 25 metri per secondo, la quale corrisponde alla straor-naria velocità di 150 chilometri l'ora.

Ora che abbiamo riconosciuto quanto sia moderata la velocità della stra fune, che lavora in condizioni analoghe a quelle delle suddette

trasmissioni telodinamiche, cerchiamo di stabilire i criteri della rata probabile delle due funi.

Tanto a Glasgow, che a Liegi, la fune che giornalmente rimor 40 a 45 convogli si mantiene in buono stato ed atta a funzio per 6 o 7 anni consecutivi, senza essere cambiata, non ostante molte e gravi sieno le cause di deterioramento che tendono a distr gerla. Queste cause vennero già accennate in sul principio di qu memoria, e consistono principalmente nelle *vibrazioni* a cui la f è soggetta, nelle *inflessioni* che subisce nell'avvolgersi attorno pulegge, e più di tutto negli *strappamenti* che più o meno bru mente essa sopporta nel suo lavoro di trazione diretta dei con gli. Venne fatto notare altresì, come le vibrazioni tendano a distr gere la duttilità dei fili di ferro ed a trasformarne la loro strutt fibrosa in granosa o cristallina, togliendo al metallo gran pa della sua tenacità. A questo inconveniente non è soggetta la f d'aderenza, la quale è fissa ed immobile in mezzo alla strada neppure la fune motrice, la quale essendo costrutta in fili d'a ciajo possiede già una natura cristallina, che non può modifica come ce lo provano tutti gli organi delle macchine fatti in acci quali a modo d'esempio, le molle delle vetture, le sale degli alb dei batelli con ruote a palette, ecc.

Anche la seconda causa di snervamento della fune, vale a dire inflessioni, hanno nel nostro caso una influenza assai minore che quella dei piani inclinati ordinarii, sì per riguardo all'una che all'a tra delle due funi da noi impiegate. Infatti, per ogni corsa di co voglio la fune d'aderenza non va soggetta che a due sole inflessio attorno ai tamburri del locomotore, mentre quella di Liegi soffre 8 i flessioni sui tamburri motori, 5 inflessioni sulle pulegge di rinvio una sul tenditore, cioè in tutto 14 inflessioni. Per rispetto alla fu motrice poi, è bensì vero che essa subisce quasi un numero pari inflessioni di quella di Liegi, ma se si tien conto della sua maggio sottigliezza, o per meglio dire del più grande rapporto che passa il diametro della fune rispetto a quello delle pulegge attorno al quali s'avvolge nel caso nostro, si vede che anche questa second causa di deterioramento ha realmente assai minore importanza. I

ha inoltre un' altra considerazione che prova quanto possa esser rande la durata della fune motrice costrutta in fil d'acciajo. Risulta ne i fili e le lamine d' acciajo, non deteriorano punto quantunque ssoggettate ad un continuo lavoro d'inflessione, purchè questo non ccia oltrepassare alle molecole del metallo il limite di sua elasticità, ome ne abbiamo una prova nelle molle ordinarie, e nelle seghe meilliche continue (*sans fin*), le quali quando sieno di buona costruone durano pressochè indefinitamente sotto un continuato servizio iornaliero.

Finalmente le due funi che noi impieghiamo non sono neppur sogette al terzo effetto distruttivo, cioè a quello degli strappamenti, ne nel sistema funicolare ordinario è la causa più diretta di rottra della sua fune.

In questo sistema infatti, ogni qualvolta che il convoglio viene a odificare subitamente la sua velocità, al passaggio d' una curva, er esempio, o per un forte cambiamento di livelletta, o per un umento qualunque di resistenza, non potendo la gran massa delapparecchio funicolare rallentare prestamente il suo moto, ne nasce empre un enorme stiramento sulla fune. Nel nostro caso questo fetto non può farsi sentire sulla fune d' aderenza, in primo luogo erchè è immobile sulla strada, in secondo luogo perchè ad essa è oncesso di scivolare attorno alle gole dei tamburri, se mai uno sforzo iolento tendesse a produrvisi, come sarebbe nel caso di un chiudiento rapido dei freni a ceppo sui tamburri durante una discesa, er cui fosse tolta a questi la facoltà di girare, e quindi di svolersi sulla fune.

Anche la fune motrice non può temere l'azione nociva degli strapamenti, perchè essa non è mai fissa al convoglio, ma il suo tiro sul comotore si effettua soltanto mercè l'aderenza della fune sulle gole elle puleggie, la quale aderenza è regolata non tanto dal tenditore osto sulla macchina, quanto dal moderatore operante sulle immoratture, il che venne ampiamente svolto nella prima parte di questa emoria.

Giova notare inoltre che ad aumentare la durata della fune motice concorrerà pure la grande mobilità del sistema delle puleggie i sostegno lungo la via di cui si fa uso.

Veduto che le cause principali di deterioramento delle due funi s
in parte distrutte ed in parte considerevolmente scemate col nu
sistema funicolare, posssiamo a buon diritto ritenere che la durata d
medesime sarà assai maggiore di quella della fune dei piani incli
a trazione diretta, che è di 6 a 7 anni; quindi crediamo di essere
derati portando ad anni 15 la durata della fune d'aderenza, che, per
ragioni suddette potrebbe ritenersi quasi inalterabile, e supponendo
durata della fune motrice di anni 6, quasi che questa avesse a t
varsi in condizione di funzionamento pari a quella di Liegi.

Siffatta discussione sulla durata probabile delle nostre due funi
palesa in modo chiaro il vantaggio che si ottenne praticamente c
l'aver sostituito l'uso delle due funi all'impiego dell'unica fune che
morchiava i convogli tirandoli direttamente. Così, per tale sostituzio
l'una delle funi non fa altro che assicurare un punto di appiglio
locomotore sulla strada nel rimorchio dei convogli, o come suolsi di
produrre l'aderenza, ed è perciò che venne chiamata *fune d'aderen*
L'altra fune, detta *fune motrice,* non è destinata ad altro che a tra
portare da distanza la forza dei motori fissi sul locomotore, per re
derlo atto a rimorchiare i convogli. Per tal modo le due mansio
che doveva adempiere l'unica fune dell'antico sistema, di garanti
il convoglio sulla pendenza e d'imprimergli l'impulso motore, risu
tano nel nuovo sistema divise fra loro, ed affidate separatamente
ciascheduna delle suddette funi. Questo fatto ha realmente una grand
importanza, sotto il duplice punto di vista della condizione di sicu
rezza dei convogli e di quella dell'economia dell'esercizio. Era altr
menti impossibile, coll'impiego di una sola fune, poter ad un temp
soddisfare pienamente ad ambedue le suddette condizioni, essend
esse incompatibili fra loro e contradditorie, l'una distruggendo l'effett
dell'altra.

Infatti, se la sicurezza esigeva da una parte che si esagerasse la so-
lidità e robustezza della fune, l'economia di esercizio invece richiede
che la sezione della fune fosse la minima possibile, compatibilmente coll
sforzo di trazione da esercitare. A fronte di tali difficoltà, qualunqu
sezione che si volesse adottare, riusciva sempre insoddisfatta o l'un
o l'altra di tali condizioni od anche ambedue se si fosse presa l

one media. Le quali condizioni essendo indispensabili al buon cizio d'un piano inclinato, il sistema funicolare rimaneva di-iso ed insufficiente. Siffatta incongruenza venne eliminata colla ra trasformazione del sistema la quale ridusse il funzionamento uesto consimile a quello di una locomotiva. E in vero le pulegge locomotore fanno le veci degli stantuffi, e l'azione del *touage* tamburi sulla fune d'aderenza equivale all'effetto aderente del i della locomotiva sulle rotaje.

bbiamo creduto opportuno di fare questa breve digressione per lio convincere della essenziale differenza che esiste fra il nuovo antico modo secondo il quale le funi lavorano, e perchè risultasse determinato il punto importantissimo che riguarda il consumo e funi, sul quale finora si fecero delle valutazioni esagerate.

	Spesa d'eserci[zi…]	
	Spesa per manutenzione della fune d'aderenza e della fune motri[…]	
Pendenza.	([1]) Rinnovamento della fune d' aderenza ogni 15 anni	([2]) Rinnovamento della fune motrice ogni 6 ann[i]
	Fr.	Fr.
10 per %	2052, 40	6720, 00
20 »	2828, 00	6720, 00
30 »	4004, 00	6944, 00
40 »	4345, 60	7448, 00
50 »	5245, 06	7784, 00
60 »	5845, 00	8400, 00
70 »	6302, 10	8840, 00
80 »	6789, 63	9296, 00
90 »	7073, 50	9688, 00
100 »	7221, 90	10004, 00
110 »	7230, 30	10864, 00
120 »	7239, 43	11032, 00

el sistema Agudio.

Osservazioni.		Numero approssimativo delle corse giornal.re della fune motrice
([1]) Sebbene il numero dei onvogli che percorrono giornalmente i differenti piani nclinati sia minore a misura he la pendenza del piano nclinato va crescendo, per ui i 26 convogli che salgono al 1 per $\%_0$ si riducono ad 11 al 12 per $\%_0$, come si vede alla tabella del movimento iornaliero, noi riterremo ullameno che la durata di uesta fune sia per tutti i casi anni 15, onde compensare tal guisa, col minor numero inflessioni, il maggiore sciupmento che essa subisce ma- o mano che la sua sezione menta. E ciò perchè, quannque il diametro dei tamri del locomotore cresca lla pendenza, tale aumento n basta a mantener coante il rapporto fra il diaetro della fune e quello dei mburi sui differenti piani clinati.	([2]) Egualmente per due motivi si suppone costantemente di 6 anni la durata delle funi motrici su tutti i piani inclinati. Dapprima perchè, crescendo la pendenza, l'aumento che si dà ai diametri delle pulegge del locomotore è bastevole a mantenere costanti i rapporti fra i diametri delle funi e quelli delle pulegge; in secondo luogo, perchè il numero delle corse che fa giornalmente la fune è poco differente nei varii casi, come si può verificare dalla tabella che dà il rapporto fra la velocità della fune a quella dei convogli, la quale tabella fornisce la seguente colonna.	39 40 42 43 44 42 42 44 43 44 44 44

SPESA DI RIPARAZIONE,

di acquisti di materiali relativi, e spese di ungimento, olii, stracci, ecc.

Questà spesa di manutenzione si riferisce quasi esclusivamente ai ɔtori fissi, agli apparecchi delle pulegge motrici e tenditori, ed ai stegni della fune motrice. Ora, siccome la potenza dei motori fissi pressochè la medesima per tutti i piani inclinati, poichè essa non ria che da 320 a 324 cavalli–vapore, ed in secondo luogo, siccome la rata di tempo in cui questi motori lavorano, è poco differente fra o (perchè il numero dei convogli giornalieri diminuisce a misura e la pendenza cresce, per cui riesce pressochè costante il numero lle corse giornaliere che fa la fune), ed in fine, siccome la velocità lla fune per tutti i casi è pure costante, cioè di 40 chilometri l'ora, sì, quantunque la sezione della fune aumenti sensibilmente per retere alla crescente intensità della componente del suo peso, donno rimanere egualmente pressochè costanti ed uguali le spese di nutenzione generale dell'apparecchio motore, per tutti i casi conplati.

Non avendo noi dei dati esatti per valutare queste spese, ci riporemo a quelle che si hanno sui piani inclinati a trazione diretta, assumeremo per base di stima quella del piano inclinato di Edimg–Glasgow, sul quale il movimento giornaliero dei convogli è evolmente superiore a quello stabilito nei nostri casi particolari. ɔosì crediamo utile di riportare lo specchio che sulle spese di esero del suddetto piano inclinato ci fornisce l'Ispettore Capo, sir W. Paton.

Specchio

delle spese d'esercizio durante un anno sopra il piano inclinato di Edimburg-

Inclinazione del piano inclinato.	Lunghezza in linea retta	Numero medio dei convogli a merci al giorno	Numero dei vagoni per convoglio	Peso medio brutto dei vagoni a merci	Numero delle tonnellate brutte di merci al giorno	Ragguaglio
	Metri	Num.	Num.	tonn.te	tonn.te	
						Esercizio con locomotive nel 1848 durante un anno, terminato il 31 Gennajo..
24p.%₀₀	2145	24	da 25 a 30	10	da 600 a 720	Esercizio nel 1850 col sistema funicolare e macchine fisse durante un anno, terminato il 31 Gennajo . . .
						Differenza in favore del sistema funicolare . . . . .
						Deduzione pel consumo della fune. . . . .

Spesa chilometrica per l'ungimento $\frac{1482,45}{2,145} = 691,11$ fr.

comparativo

Glasgow con locomotive e col sistema funicolare e macchine fisse a vapore.

Coke		Carbone		Altri materiali dell' esercizio ecc. Olio, stracci, ecc.		Paghe		Materiali per riparazioni		Spese per riparazioni		Totale	
Fr.	c.	Fr.	c.	Fr.	c.	Fr.	c.	Fr.	c.	Fr.	c.	Fr.	c.
29222	57	—	-	5239	83	10547	36	18245	12	16866	32	80121	20
—	-	4905	-	1482	45	8895	84	2103	99	985	72	18373	00
				3757	38	1651	52	16141	13	15880	60	61748	20
												11250	00

Risparmio annuo col sistema funicolare . . Franchi. . . 50498 20

Spesa chilometrica per riparazioni $\frac{2103,99 + 985,72}{2,145} = 974,22$

Noi adotteremo la stessa spesa chilometrica di ungimento e di r parazione che risulta dall'esercizio del piano inclinato di Glasgo ed è chiaro che, ciò facendo, è come se supponessimo che la spe chilometrica di manutenzione d'un piano inclinato di 2 chilometri s la stessa di quella di un piano di una lunghezza quintupla.

Questa ipotesi suppone che la spesa chilometrica di manutenzion aumenti proporzionatamente colla lunghezza del piano inclinato. Ciò h bensì luogo rispetto al consumo della fune e delle pulegge di sostegn ma non rispetto alle spese relative ai motori fissi, pulegge motric tenditori ed alle spese generali d'amministrazione, le quali rimango invece invariabili ed eguali, tanto nell'uno che nell'altro caso. Pe conseguenza i suddetti coefficienti chilometrici di spesa si devono rit nere aventi un valore massimo che non sarà mai raggiunto col nuov sistema, sopratutto sulla base di movimento che abbiamo supposto, quale sulla pendenza del 24 p. ‰ sarebbe di 4000 tonnellate all'incir cioè di gran lunga inferiore a quello di 6 a 7000 del suddetto piano inc nato di Glasgow. Ammessa adunque questa ipotesi sfavorevole al ca nostro, la quale determina in qualche modo il valore massimo dell spesa di riparazione e di ungimento del sistema (meno quella relativ alle funi, che venne valutata in altro paragrafo), e ritenuta la sud detta spesa eguale e costante per tutte le varie pendenze, avrem quanto segue:

Per riparazioni e acquisto di materiali relativi	L. 10 × 974, 22 = 9742, 20
Per ungimento, ecc.	» 10 × 691, 11 = 6911, 10

Spesa di combustibile.

Pendenze	Cavalli-vapore	Ore di lavoro all'anno	Litantrace	Spesa di combustibile *Franchi*
0 p.%	2 × 320, 5 ×	$\frac{22\times26}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	133827, 98
0 »	2 × 320, 5 ×	$\frac{32\times19}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	142252, 72
0 »	2 × 320, 6 ×	$\frac{35\times18}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	147443, 94
0 »	2 × 321, 1 ×	$\frac{38\times17}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	157846, 30
0 »	2 × 321, 6 ×	$\frac{44\times15}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	154946, 88
0 »	2 × 321, 9 ×	$\frac{49\times14}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	161201, 08
0 »	2 × 322, 3 ×	$\frac{53\times13}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	162007, 23
0 »	2 × 322, 7 ×	$\frac{56\times12}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	158303, 71
0 »	2 × 323, 2 ×	$\frac{58\times12}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	164011, 45
0 »	2 × 323, 8 ×	$\frac{60\times11}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	155996, 84
0 »	2 × 324, 0 ×	$\frac{60\times11}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	156103, 20
0 »	2 × 324, 5 ×	$\frac{60\times11}{60}$ × 365 ×	1, 5 × 0, 04 =	156344, 10

Spesa relativa al personale dell'esercizio.

N.° 1 Capo meccanico		L.	2400
N.° 4 Macchinisti a	L. 1800, 00	»	7200
N.° 4 Scaldatori	» 1100, 00	»	4400
N.° 4 Manuali	» 1000, 00	»	4000
N.° 4 Ingrassatori	» 700, 00	»	2800
N.° 2 Guardafreni	» 912, 50	»	1825
N.° 2 Macchinisti da locomotore	» 2000, 00	»	4000
	Spesa totale. . .	L.	26625

RIASS

delle spese generali di esercizio col sistema Agudi

Pendenze dei piani inclinati	10 per %		20 per %		30 per %		40 per %		50 per %	
Peso dei convogli rimorchiati. . . . . tonnellate	300		260		195		160		150	
	Fr.	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*
Interesse del capitale al 6 p. %	55315	69	56160	32	57618	36	58680	89	60338	98
Estinzione in 20 anni . .	46096	41	46800	27	48015	30	48900	74	50282	49
Rinnovamento della fune d' aderenza	2052	40	2052	40	4004	00	4345	60	5245	05
Rinnovamento della fune motrice	6720	00	6720	00	6944	00	7448	00	7784	00
Riparazioni ecc.	9742	20	9742	20	9742	20	9742	20	9742	20
Ungimenti	6911	10	6911	10	6911	10	6911	10	6911	10
Combustibile	133827	98	142252	72	147443	94	157846	30	154946	88
Personale	26652	00	26625	00	26625	00	26625	00	26625	00
Spesa totale annua di esercizio.	287317	78	297264	01	307303	90	320499	83	321475	[illegible]
Spesa chilometrica. . . .	28732	00	29726	00	30730	00	32050	00	32148	[illegible]

UNTO

opra un piano inclinato di 10 Chilometri.

60 per %		70 per %		80 per %		90 per %		100 per %		110 per %		120 per %	
140		130		120		110		100		92, 5		84, 5	
Fr.	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*	*Fr.*	*c.*
61760	72	64902	67	66068	55	66969	00	68169	00	68781	39	68923	35
51467	26	54085	56	55057	12	55807	50	56807	50	57316	99	57436	13
5845	00	6302	10	6722	63	7073	50	7221	90	7230	30	7239	43
8400	00	8840	00	9296	00	9688	00	10004	00	10864	00	11032	00
9742	20	9742	20	9742	20	9742	20	9742	20	9742	20	9742	20
6911	10	6911	10	6911	10	6911	10	6911	10	6911	10	9911	10
161201	08	162007	23	158303	71	164011	45	155996	84	156103	20	156344	10
26625	00	26625	00	26625	00	26625	00	26625	00	26625	00	26625	00
331950	36	339415	86	336726	31	346927	75	341477	54	343574	18	347253	41
33195	00	33942	00	33673	00	34693	00	34148	00	34357	00	34725	00

Costo della Tonnellata-Chilometro e della

Pendenze.	Tonnaggio netto giornaliero in salita, supposto che esso sia la metà del tonnaggio brutto.	Tonnaggio annuo netto in salita	Spesa chilometrica S' di costruz.	Spesa di costruzione riferita alla tonnellata-chilometro elevata	Spesa chilometrica di costruzione riferita alla tonnellata elevata a metri 10 d'altezza, ossia riferita alla pendenza del 10 per mille
p		T	S'	$\frac{S'}{T}$	$\frac{S'}{pT}$
	Tonn.	Tonn.	Fr.	Fr.	Fr.
1 p.%	3900	1423500	92193	0, 064	0, 0064
2 »	2375	866875	93600	0, 107	0, 0053
3 »	1750	638750	96031	0, 115	0, 0050
4 »	1360	496430	97801	0, 197	0, 0049
5 »	1125	410025	100565	0, 245	0, 0049
6 »	910	332150	102935	0, 309	0, 0051
7 »	780	284700	108171	0, 379	0, 0054
8 »	720	262800	110114	0, 403	0, 0050
9 »	660	240700	111615	0, 463	0, 0051
10 »	555	202575	113615	0, 560	0, 0056
11 »	508, 5	185602, 5	114634	0, 617	0, 0056
12 »	464, 5	169542, 5	114872	0, 676	0, 0056
					Media 0, 0053

tonnellata elevata a 10 metri d'altezza.

Spesa chilometrica S'' di esercizio	Costo della tonnellata-chilometro	Costo della tonnellata elevata a 10 metri di altezza, ossia riferita alla pendenza del 10 per mille	Costo effettivo della tonnellata-chilometro nell'ipotesi che abbiasi un movimento in discesa eguale a quello in salita	Costo della tonnellata elevata a 10 metri d'altezza, ossia riferita alla pendenza dell'1 per cento, nell'ipotesi che abbiasi un movimento in discesa eguale a quello in salita
	$\frac{S''}{T}$	$\frac{S''}{p\,T}$	$\frac{S''}{2\,T}$	$\frac{S''}{2\,p\,T}$
Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
28732	0, 0202	0, 020	0, 010	0, 010
29726	0, 0345	0, 017	0, 017	0, 008
30730	0, 0481	0, 016	0, 024	0, 008
32050	0, 0649	0, 016	0, 032	0, 008
32148	0, 0783	0, 016	0, 039	0, 008
33195	0, 0999	0, 017	0, 050	0, 008
33942	0, 1199	0, 017	0, 059	0, 008
33673	0, 1281	0, 016	0, 064	0, 008
34693	0, 1441	0, 018	0, 072	0, 009
34148	0, 1685	0, 017	0, 084	0, 008
34357	0, 1851	0, 017	0, 092	0, 008
34725	0, 2048	0, 017	0, 102	0, 008
		Media 0, 017	Media 0, 0053	Media 0, 00809

Dall'ispezione di questa tabella si rileva, che tanto la spesa di costruzione quella di esercizio, riferita alla medesima quantità di elevazione dei convogli si ponno rimorchiare giornalmente sulle varie pendenze, è pressochè la medesima qualunque siasi la pendenza del piano inclinato che si vuol adottare. guisa che, si può ritenere, che la spesa chilometrica d'impianto sarà per i piani inclinati di fr. 0, 0053, e la spesa annua di esercizio in salita di fr. 0,0 per tonnellata trasportata annualmente dal piede alla sommità della salita.

Questo rimarchevole fatto ci ammaestra adunque, che *sia riguardo all'economia della spesa d'impianto, che a quella dell'esercizio, riuscirà sempre indifferente la scelta di una piuttosto che di un'altra pendenza dei piani inclinati che si vorranno adottare e che questa scelta non dovrà essere subordinata a considerazioni riflettenti il sistema funicolare, ma unicamente alle condizioni topografiche dei luoghi, affine di rendere minore la spesa di costruzione della ferrovia propriamente detta, ed alle esigenze del traffico della linea o del tonnaggio giornaliero che si dovrà trasportare.*

Quest'ultimo quadro dimostra finalmente l'esattezza delle conclusioni espresse dalle numerose Commissioni tecniche che esaminarono il sistema Agudio, le quali conclusioni si possano riassumere dicendo, *che sotto il triplice punto di vista dell'economia di costruzione, e dell'economia di esercizio e della potenza del sistema nium altro mezzo di trazione può dare più importanti risultamenti.*

Ing. T. Agudio.

Avvertenza. Nelle tavole dell'effetto utile, del sistema Agudio si dovranno moltiplicare per 1,25 i numeri delle colonne riferite alle esperienze della Commissione governativa intorno al sistema Fell, onde sieno comparabili fra loro i risultati della formola da noi corretta con quelli delle esperienze suddette, essendo stati calcolati i primi nell'ipotesi che il lavoro utile del motore dipartisse dal bottone di manovella, mentre nel secondo caso si riportano al lavoro totale del motore, e quindi partono dal generatore.

Questa correzione aumentando del 20 per cento le cifre relative all'effetto utile fornite dall'esperienze, rende eguali fra loro i risultati in ambedue i casi contemplati, la qual uguaglianza serve a confermare l'esattezza dei valori dei coefficienti K, f, σ che noi abbiamo determinato, correggendo quelli della formola del sig. Desbrière.

SULLE FINESTRE IN DOMINIO

al cospetto delle disposizioni del nuovo Codice Civile Italiano.

Nell' attuale transizione ai principj ed alle disposizioni della nuova legge civile italiana già non è mancato chi nelle provincie dove testè imperava la legge civile austriaca, si azzardò sostenere esser cessata la presunzione di diritto derivante da quest' ultima, in forza di cui una finestra aperta nel muro tutto proprio e sul confine debba ritenersi *in dominio*, ossia priva del diritto di servitù di luce, aria o prospetto, se questa servitù non consti da titolo valido, e ardì sostenere che per le finestre, che in tal condizione a quest' ora sussistettero da oltre anni 30 senza opposizione del vicino, sia a quest' ultimo impedito l'acquisto della comunione del muro circostante alle finestre quand'egli ciò riclami all'appoggio dell'ultimo capoverso dell' articolo 584 del Codice Civile italiano.

Alcune disposizioni di questo Codice spizzicate con avveduta parsimonia, e che non completano la teoria consacrata in quella legge, danno apparenza di vero giuridico al loro arzigogolo.

Eccole in breve, stralciate dagli articoli 617, 618, 629.

Nel primo si definiscono le servitù continue, tra le quali ad esempio si accenna a quella di *prospetto*. Nel secondo si chiarisce la classe delle servitù *apparenti*, alla quale si assegna quella di

una *finestra*. Nel terzo articolo si dispone che le servitù continue ed apparenti si possono acquisire anche col mezzo della prescrizione trentennale. E per ciò solo vorrebbesi concludere che le finestre esistenti da oltre anni 30 siano per diritto di usucapione e di prescrizione da ritenersi in servitù attiva pel caseggiato a cui appartengono, passiva pel fondo confinante; che quelle finestre non possano confondersi con quelle precariamente autorizzate nella prima parte del citato articolo 584 del nuovo codice, alle quali soltanto si riferisca la facoltà di acquisto della comunione del muro (e conseguentemente dell'otturamento delle finestre) per l'appoggio d'un nuovo edificio.

A dissuadere chiunque così la pensi valga prima di tutto l'avvertire, che se nella nuova legge è proclamata qual mezzo di acquisto delle servitù continue ed apparenti la prescrizione di anni 30, la legge austriaca precedente ammetteva questo mezzo in via generale al § 480 Codice Civile, quindi anche per le discontinue e per le non apparenti; e ciò nullameno è notorio come siasi formata decisa e costante la giurisprudenza presso tutte le autorità giudiziali durante il vigore di quella legge nel senso, che una servitù di finestra non potesse mai presumersi se non in presenza del titolo valido, o della prova formale del relativo possesso passato in usucapione ed in prescrizione legale, del possesso cioè del diritto di impedire al vicino di eriger fabbriche, o di allevar piantagioni o di porre altri impedimenti alla luce, all'aria, al prospetto, nei sensi del § 351 e del § 1482 del citato Codice austriaco.

E assai piana è la ragione di così perseverante metodo di giudicare osservato da quelle autorità non solo ne' giudizj petitorj e di merito, ma persino ne' giudizj possessorj alla forma della governativa notificazione 13 ottobre 1825, malgrado certe equivocità di frasi in questa legge contenute, che fomentarono presso i giudici meticolosi ed ignoranti una fatalissima dissidenza derivante da una stolta distinzione fra il possesso materiale additato in quella legge del 1825 e protetto dalle disposizioni della medesima, ed il possesso definito dal Codice Civile a cui quella legge istessa si riferisce. Questa dissidenza generò non pochi ingiusti giudicati, nei quali un mero fatto materiale nudo dei caratteri legittimi di un possesso, che giuridicamente non esiste se non pel concorso di *due* fatti, l'uno del possessore, l'altro del suo avversario onde si riconosca l'esercizio effettivo di un reale o di un supponibile rispettivo diritto ed obbligo (§ 313 Codice Civile austriaco), quel mero fatto materiale, che senza questi ca-

ratteri dovea ricacciarsi nella classe ignobile delle semplici detenzioni (§ 309 Codice citato), o nella sterile categoria degli atti potestativi, venne con aperta lesione delle pur chiare disposizioni della legge generale del Codice, ammesso più volte per possesso manutenibile con molta jattura agli interessi privati, con molto scandalo nella dominante giurisprudenza.

Il dire che l'uso di una finestra nel proprio muro respiciente nell'altrui fondo, pel solo silenzio, e per l'inazione del padrone di questo fondo, possa supputarsi esercizio di una servitù limitativa del libero dominio di quel fondo medesimo, è eresia giuridica al par di quella che il materiale antichissimo deflusso delle colature dal superiore al fondo inferiore esprimer possa l'esercizio di una rispettiva passività ed attività, cioè di un possesso delle colature, malgrado l'assenza non pure di un titolo, ma di qualunque fatto del padrone inferiore sul fondo superiore destinato alla raccolta e alla condotta delle colature. Eppure sotto il passato regime giudiziale non mancò esempio di contese in cui colature defluenti in tali condizioni si giudicarono possedute dal padrone inferiore unicamente perchè da antichissimo tempo ed in ultimo stato vi defluivano. — Speriamo che più non accadranno sentenze di tanta stolidità!

In punto alla servitù di finestra nella legge civile odierna stanno altre disposizioni, oltre le già citate, e che ne sono complemento essenziale, le quali risolvono la quistione in modo ancor più luminoso, che non facevasi forse col codice austriaco alla mano, nel senso istesso che si è verificato durante il vigore di quella legge. È inutile il dire che le stesse valgono per decidere anchè il caso del possesso e del diritto delle colature.

All'art. 631 Cod. It. è data la distinzione, che non è meramente scolastica, ma caratteristica e fondamentale, delle servitù prediali in affermative e negative, allo intento di stabilire, come appunto determina l'articolo, il modo di esercizio proprio di ciascuna per ravvisarne il possesso, e far luogo alla prescrizione. Mentre per le prime il possesso consta di un fatto del padrone dominante sul fondo servente, per le seconde consta all'invece della opposizione ai tentativi dell'avversario di violarle, e comincia dall'atto formale di quella opposizione, dal quale soltanto comincia a decorrere il termine della prescrizione legale. Nelle prime si hanno le servitù di tolleranza, nelle seconde quelle che consistono nel non fare qualche cosa a vantaggio altrui, comprendendosi così nelle due categorie tutte le servitù prediali secondo la definizione del § 472 del Codice austriaco accettata dai più antichi dottori.

Ora nessuno può mettere in dubbio che la servitù di finestra, vogliasi limitata alla luce e all'aria, vogliasi estesa o limitata al prospetto (che può essere disgiunta da quella di luce ed aria, essendosi detto che per quest'ultima si ha diritto di vedere il cielo, per quella di prospetto la terra) è una servitù *negativa*, consiste cioè nel diritto di *proibire* al vicino di far fabbriche, di elevar piante, di porre ingombri o limitazioni alla luce, all'aria, al prospetto delle finestre entro i limiti stabiliti dal titolo costitutivo, e in difetto dalla legge.

Questa servitù è stata perfino da alcuni giuristi assai preclari confusa con quella *altius non tollendi*, sebbene erroneamente, come nota il Woet ad Pandectas, lib. VIII, tit. II, n. 11, per esserne rimarchevoli le essenziali differenze. Ma è d'accordo lo stesso autore che nullameno la servitù di finestra cade fra le servitù negative, onde non manca certamente il gravissimo di lui consenso a questa per altro palmarissima verità legale.

Le conseguenze che si derivano adunque da questi principj non possono essere difformi da quelle che emanavano dalla applicazione del Codice austriaco.

E di fatto quali erano sotto quella legge ora abolita, quali sono sotto la dominante italiana le condizioni fatte al proprietario esclusivo di un muro sul confine colla proprietà aliena rapporto alla facoltà di aprirvi delle finestre a comodo del suo fabbricato, di cui il muro non è che una parte materiale?

La legge austriaca, protettrice del principio della assoluta libertà di ogni privato dominio, e quindi anche di quello di un fabbricato, e di un semplice muro, gli permetteva di aprire in questo muro quante finestre ei volesse, e di qualunque grandezza, cauta proteggendo però col principio medesimo la libertà del dominio del fondo coerente da ogni supponibilità di inflittavi servitù passiva col fatto di quelle finestre, all'acquisto della quale servitù, per mezzo dell'usucapione e della prescrizione, disponeva che dovesse essersi verificato il possesso di 30 o di 40 anni del diritto di proibire le opere dannose alle finestre.

Finestre aperte sotto l'egida di queste disposizioni non erano adunque che fatti innocui ai diritti dei vicini, fatti esprimenti la stessa libertà del dominio.

È notevole quanto dice in proposito il Woet già citato lib. VIII, tit. II, n. 9 = *luminum servitus non ea est, qua vicinus licentiam habet lumina, seu fenestras, in suo proprio pariete aperiendi; id enim libertas est, licet paries prope confinium positus esset.* =

La legge italiana al contrario, ricalcata in gran parte sulle

tracce del Codice Napoleone, non ha accolta interamente nelle sue disposizioni quel principio della libertà assoluta di ogni dominio, che è nullameno la più pura emanazione della ragione naturale; ma zelante degli interessi della civiltà, del progresso edilizio, della quiete tra i possidenti, ha voluto non già togliere del tutto, come erasi fatto in varj statuti municipali e in quelli di Milano fin da secoli prima delle moderne codificazioni, ma solo moderare con alcune discipline la facoltà naturale di aprir finestre nel muro proprio sul confine, e ciò fece colla disposizione dell'art. 584, lasciando libero il numero, e l'ampiezza delle finestre, ma prescrivendo che fossero munite d'inferriata, e di vetriata fissa, ed elevate sul suolo de' corrispondenti locali sì da togliere la facile e diretta inspicenza nel fondo altrui.

È palese che tutto ciò non attribuisce al padrone di tali finestre alcuna speranza, nè infligge alcun timore al suo vicino, che conservandosi le finestre anche per mille anni possa esordire giammai la prescrizione di una servitù attiva pel primo, passiva pel secondo; avvegnachè la legge limitando la libertà naturale di far finestre a pieno arbitrio nel proprio muro, genera un obbligo pel padrone di questo muro, ed un corrispondente diritto pel suo vicino, il che è tutto il contrario del supposto conferimento di una servitù attiva pel primo, passiva pel secondo; tant'è vero che la stessa legge dell'art. 584 del Codice soggiunge tosto, che quelle finestre debbono in dati casi per volere del vicino essere nientemeno che otturate.

Qual differenza passa adunque al cospetto della nuova legge civile italiana tra quelle finestre che furono liberamente aperte sui confini durante l'abolita legislazione austriaca, e quelle che durante la nuova italiana si fossero o venissero aperte in futuro in conformità dell'art. 584 del Codice?

Questa sola: che le prime sussistendo nell'istante della transizione dall'una all'altra legislazione, poichè nella nuova non esiste per la prima classe di finestre alcun precetto di ridurle in uniformità al citato art. 584 del Codice, continuano a sussistere per l'identico diritto, onde furono costrutte in origine, cioè *jure dominj et libertatis,* mentre le altre devono di necessità essere conformate all'accennata disposizione di legge.

Ma sulla tesi se le une e le altre differiscano per suscettività a tramutarsi per via di prescrizione legale in finestre in servitù di prospetto, di aria o di semplice luce, non può rispondersi altrimenti, che ogni differenza è chimerica e nulla nel senso più rigoroso di logica e di diritto.

Finalmente se viene posto il quesito speciosissimo: riferendosi la facoltà recata dall'ultimo capoverso dell'art. 584 del Codice Civile Italiano di occupare i muri altrui e di otturarvi le esistenti finestre, a quelle finestre soltanto che furono aperte secondo la prima parte dell'art. medesimo, regge o non regge una facoltà identica allorchè nel muro esistano invece finestre diverse dalle ora contemplate, finestre aperte liberamente sotto il regime della legge precedente, ma non fruenti di un provato diritto di servitù? — La risposta non può essere che affermativa.

Sia pure che questa sentenza non è letteralmente scritta nel nuovo Codice; se vi fosse non farebbe figura di superflua quanto molte altre che vi si trovano come inutili e già evidenti corollarj di precedenti disposizioni. Ma essa non è perciò meno manifesta ed irrecusabile.

E di fatto poniamo l'ipotesi contraria. Che ne conseguirebbe? Che il vicino impedito dall'occupare il muro, dal chiudere le finestre aperte liberamente prima della nuova legge, non essendo obnoxio a rispettare una servitù, una distanza colla sua fabbrica dal caseggiato altrui, potrebbe pur sempre fabbricare a tutta contiguità di quel muro, erigendo un contromuro distante la grossezza di un foglio di carta, come suol dirsi volgarmente. E da ciò qual beneficio a quelle finestre? Non resterebbero esse che come materialmente otturate, e affatto prive di luce, di aria di prospetto? Il beneficio si risolverebbe in due danni palesi pel padrone del caseggiato e delle finestre:

1.° che fra i due muri s'infiltrerebbero acque piovane, immondezze, insetti, a grave pregiudizio dell'uno e dell'altro degli emuli fabbricati;

2.° che il padrone delle vecchie finestre perderebbe il lucro della cessione del condominio del proprio muro, e del sollievo dalla metà delle spese per la sua perpetua manutenzione.

La fatta ipotesi traendo a tali assurdità incompatibili coi principj della nuova legge, che ad ogni passo si mostra premurosa di ovviare ogni atto emulatorio e a far prevalere anche sull'antico rigoroso diritto i moderni principj della naturale equità, di che vi hanno in quella legge preclari e innumerevoli esempj specialmente nelle disposizioni che concernono le servitù prediali, è poi realmente in aperta contradizione colla disposizione dell'ultima parte dell'art. 584 del Codice.

Attentamente osservando quella disposizione si scorge, che mentre vi si dice che le finestre ivi contemplate benchè dalla legge autorizzate non impediranno l'acquisto della comunione del muro,

la facoltà di tale acquisto non deriva da quello stesso articolo, ma da altri precedenti stilizzati in termini affatto generali, che son poi gli Art. 555, 556. — Non è quindi escluso, ma anzi stabilito che quella facoltà di acquisto aver debba effetto anche nel supposto di altre accidentali circostanze diverse da quelle delle finestre conformi alle prescrizioni dell'Art. 584. — E qui calza l'argomento *a fortiori;* se le stesse finestre disciplinate dalla legge non impediscono la facoltà dell'acquisto della comunione del muro, tanto meno potranno impedirla le finestre aperte disordinatamente, e sotto l'impulso d'interessi esclusivamente egoistici quali permettevansi dalla precorsa legislazione, non presidiate neppur esse di alcun diritto di servitù.

Sembra all'estensore di queste osservazioni che almeno nel ceto degli Ingegneri ed Architetti, cui egli stesso è ambizioso di appartenere, e che tanta parte ed influenza esercitano sulle deliberazioni dei possidenti nelle contingenze di conflitto per immutazioni di confini delle proprietà in caso di nuove fabbriche, le suesposte conclusioni saranno per loro la guida invariabile qualunque sia l'interesse del loro cliente in quel conflitto, nulla essendo più decoroso per l'uomo che aspira alla pubblica estimazione, che il sempre valersi d'un solo peso, di una sola misura, e l'aborrire dallo scandalo della difesa dei due principj contrarj secondo l'opportunità della situazione, unico mezzo per cui si possa veder sempre in onore la giustizia, diminuiti i litigi, ed impedito il delitto morale delle inique estorsioni sotto pretesto di compenso in via di transazione contro chi paventa i disturbi, i pericoli e i gravi dispendj delle giudiziali contestazioni.

Milano, 25 luglio 1866.

Prof. Ing. Achille Cavallini.

APPENDICE.

Sulle conclusioni del premesso articolo è stata elevata l'objezione, che secondo la nuova legge italiana (art. 571) non è più permessa la costruzione di un muro sul proprio confine a distanza d'un foglio di carta dal muro altrui.

Questa objezione è di mera apparenza e non ha valore.

Chi ben guarda l'art. 571 del Codice Civile, rileva che la obbligazione di costruire un muro alla distanza di un metro e mezzo, o di tre metri dal proprio confine non vi è posta che quale condizione o conseguenza del non voler profittare della facoltà di occupare il muro altrui concessa dagli articoli 555 e 556 per sottrarsi al pagamento della comunione del muro, agli obblighi di rinforzarlo e ristaurarlo, al risarcimento dei danni agli inquilini della casa a cui appartiene il muro, ecc.

Ma questo caso del rifiutarsi all'acquisto della comunione del muro nella nostra ipotesi non si verifica, perchè al contrario il padrone del fondo confinante al muro con finestra in solo dominio aspira ad occupare quel muro verso pagamento della comunione e per lo scopo che la finestra sia otturata.

Laonde in questa ipotesi, accadendo la opposizione del padrone del muro con finestra a lasciarlo occupare dal vicino, questo rimane assolto dalla condizione di osservare la distanza di un metro e mezzo o di tre metri, non dipendendo la non occupazione del muro preesistente dalla di lui deliberazione e dal di lui fatto; e a di lui favore ricorre invece la sanzione generale dell'artic. 570 del Codice che gli attribuisce la facoltà di fabbricare una casa, od anche un solo muro di cinta precisamente sul confine della sua proprietà, il che corrisponde al muro distante la grossezza d'un foglio di carta dal muro altrui. Negare quest'ultima facoltà equivarrebbe a cancellare l'articolo 570 dal Codice.

Sola conseguenza di una tale costruzione di muro sarebbe quella che il padrone del muro vicino con finestra in dominio potrà demolire questo muro, ed appoggiare direttamente il suo fabbricato al nuovo muro mediante acquisto della comunione del medesimo; ma non potrà egli giammai, ciò omettendo, querelare le dannose conseguenze della isolata prossimità dei due muri.

Sostenere la elevata obiezione, la quale poi trarrebbe unica-

mente al solo caso contemplato nel primo capoverso dell'artic. 571, cioè all'osservanza di una distanza di tre metri dal muro del vicino, perchè tratterebbesi dell'ipotesi di un muro di confine già esistente, sarebbe un sostenere il più patente assurdo giuridico, la più ributtante ingiustizia.

E di fatto il supporre inviolabile quella distanza di tre metri, nientemeno attribuirebbe al padrone della finestra non presidiata di alcun provato diritto di servitù, un ben prezioso e perpetuo vantaggio di derivazione di luce e di aria, che non potrebbe essere maggiore neppure nello stesso caso, che all'invece gli competesse una ragione di servitù per la sua finestra, di cui fosse nel titolo corrispondente indeterminata la estensione, o il di cui titolo fosse la sola prescrizione. All'art. 590 del Codice Civile è dichiarato che per le finestre a veduta diretta o a prospetto, per la di cui servitù attiva nulla sia disposto nè altrimenti nella convenzione od altro titolo costitutivo, è da osservarsi la sola distanza di tre metri in caso di fabbrica sul fondo servente. È assurdo, è iniquo, ed incompatibile in una legge civile ordinata, che il trattamento di una finestra, senza diritto di servitù, sia eguale a quello garantito alle finestre munite di quel prezioso diritto.

La elevata objezione pertanto esaminata da ogni lato non ad altro conduce che ad una maggior conferma delle fatte conclusioni.

Milano, 25 agosto 1866.

Prof. Ing. Achille Cavallini.

DI ALCUNI LIBRI

SUGLI EDIFICII DEL MEDIO EVO IN ITALIA.

Il Duomo di Monreale, illustrato e riportato in tavole cromolitografiche da G. B. Gravina, abate Cassinese. Palermo. In corso di pubblicazione.

Denkmähler der Kunst des Mittelalters in Unteritalien, di H. W. Schulz. Dresda, 1860.

Die obere Kapelle der Maria im Palazzo pubblico zu Siena, di H. Spielberg. Berlino, 1861.

Cenni sul Duomo di S. Andrea Apostolo di Carrara, del canonico P. Andrei. Carrara, 1866.

Essais sur les constructions en briques en Italie, di L. Runge. Berlino.

La Basilica di S. Marco in Venezia, esposta ne' suoi mosaici e nelle sue sculture, con illustrazioni, per Giovanni e Luigia Kreutz.

Étude sur l'Architecture Lombarde et sur les origines de l'Architecture Romano-Byzantine di F. di Dartein. Parigi. In corso di pubblicazione.

Il Battistero di Parma, descritto da M. Lopes. Parma, 1864, ecc.

II.

La Sicilia.

Giacchè i libri, che abbiamo registrato in testa di queste ciancie, e parecchi altri, che abbiamo lasciato nell' eccetera, risguardano tutte le parti d'Italia, dividiamo la nostra materia così: Sicilia, Bassa Italia, Italia Centrale, Alta Italia. Ciascuna di queste parti ebbe ne' secoli intorno al mille architetture speciali, com'ebbe vicende politiche, ordini civili ed indole e costumi diversi dalle altre; anzi, non solo codesti grandi quarti d'Italia, ma quasi tutte le sue provincie mostrarono nell'arte architettonica una così singolare fisonomia, che la storia nel guardarle tutte si vede stranamente impacciata. Vorrebbe descriverne le fattezze, vorrebbe almeno classificarle in chiaro modo per razze; ma, quale sfugge al tutto, quale in parte, quale a' segni tanto bizzarri da sfidar l'acutezza de' più veggenti nomenclatori.

Il pover'uomo che volesse fare un esatto quadro sinottico degli stili e delle maniere d'architettura italiana innanzi al trecento, ci derebbe la fatica in vano. Un dizionario come quello che il Violperlet-le-Duc va pubblicando con rara dottrina e con rara potenza sintetica per l'architettura francese dall'XI al XVI secolo, sarebbe in Italia impossibile. Come mai tracciare nettamente la storia dell'arco, noi che abbiamo archi di tutte le foggie, rotondi, acuti, ribassati, ad alto peduccio, persino in forma dell'arco sacro musulmano lì dove i Musulmani non dominarono mai? Come mai mostrare lo svolgersi delle forme ne' capitelli, nelle cornici, nelle porte, nelle finestre, in tutte le parti degli edificii, noi che n'abbiamo d'ogni maniera? Davvero che il distinguere la regola dall'eccezione sarebbe un imbroglio grandissimo: ciò ch'è norma di quà, è di là un fatto accidentale; ciò che si trova sempre o spesso dall'una parte, dall'altra non si può in verun modo trovare. E tutto s'intreccia, s'ingarbuglia spesso e si confonde, di guisa che in questo rimescollo d'influenze opposte, di caratteri diversi, di stili speciali la mente si smarrisce annoiata. Non è a dire per altro che gli scrittori delle cose artistiche d'Italia non abbiano tentato di abbracciar con lo sguardo la penisola e l'isola che le sta alle calcagna; troppo anzi l'hanno voluto fare sin qui. Ma, per farlo, dovettero foggiare la storia architettonica del nostro medio evo a modo loro, semplificarla, darle quell'aspetto di unità fittizia, che non s'acconcia alla varietà infinita de' nostri monumenti ed alle innumerevoli apparenze della nostra arte.

Ne' primi anni del XVI secolo entrano in campo i nomi degli artefici: troviamo tante maniere d'arte quanti sono i nomi degli illustri; ma questi stessi nomi valgono a formare una certa unità storica, o almeno a soccorrere la memoria, che, ricordando facilmente i fatti e le opere, ordina da sè in un modo o nell'altro le cose varie. Ma innanzi al trecento, benchè ci rimanga il ricordo di non pochi artefici, pure l'arte non s'era svincolata dalle influenze sociali; se non che tali influenze sociali non s'allargavano a intieri popoli, come in tutte le nazioni antiche, come tra i Bizantini, come in Francia, in Germania, in Inghilterra, anzi si stringevano a provincie, talvolta a città. La Sicilia ha una storia architettonica al tutto sua, al par di Venezia. La varietà dell'arte nei secoli vicini al mille non è individuale; ma, appunto per ciò, è più difficile a capire, a definire, a sottomettere a leggi storiche. Si ribella ai sistemi. Non è a dire peraltro che ogni filo di unione tra i differenti edificii delle differenti parti d'Italia facesse nel medio evo difetto. Se non troviamo sicure analogie

ne' monumenti in sè, troviamo all'incontro in tutti certe influenze straniere nuove od antiche, certe tradizioni nazionali, che forse ricercate ben bene potrebbero darci il solo metodo storico buono al caso nostro. In una parola, il sistema dell'arte italiana del medio evo andrebbe forse studiato fuori dell'arte italiana del medio evo.

Codesta nostra opinione, toccata quì di volo e assai vagamente, verrà, crediamo, chiarita un po' da ciò che diremo sull'architettura siciliana del medio evo — argomento importantissimo, poco studiato da noi dell'Alta Italia e gravido di controversie. Il leggiero studio posto sinora nel ricercare il carattere artistico ed archeologico dei monumenti italiani, la bizzarra confusione nel giudizio delle influenze straniere, appariscono evidenti sol che si guardi a' libri che discorrono o che toccano dell'arte bellissima, di cui si onora l'isola nostra. Bastano i nomi che a quell'arte hanno dato. Vediamo: Domenico Lo Faso Pietrasanta, duca di Serradifalco, nel suo mediocre e assai noto libro sulle chiese siciliane del medio evo, ch'è tuttavia il più compiuto libro che s'abbia su di esse — le chiama sino dal frontispizio Siculo-normanne; l'Amari, nella sua storia, non ancora finita, dei Musulmani in Sicilia, dice l'arte siciliana, Arabica; il Gravina, del cui libro sul Duomo di Monreale abbiamo già lodato qualcosa, definisce quell'arte Siculo-bizantina. Ecco dunque Bizantini, Arabi, Normanni onorati separatamente della gloria d'aver composto o contribuito a comporre l'architettura del popolo vinto. Nè i nomi si fermano quì. V' ha chi appioppò a tale architettura l'epiteto di Arabo-greca, di Arabo-bizantina, di Arabo-normanna, o sol di Bizantina o Normanna o anche, vedete un po', di Gotica ed Archiacuta. Lo stesso abate Gravina nel 1856, in una sua Memoria sopra una certa immagine della Immacolata, ripeteva con sicurezza la indicazione di Arabo-sicula, che ora con tutte le forze e con grave sdegno respinge. Quanto a noi, se avessimo l'ardire di giudicare le sentenze di tanti valent'uomini, diremmo che tutti hanno ragione, e che viceversa — come accade sovente — tutti hanno torto. Hanno ragione se intendono di accennare ad una data influenza senza escludere le altre; hanno torto, ci pare, se vogliono affermare l'opera di un popolo o di due nell'arte siciliana, negando la cooperazione degli altri. Volendo definirla non ci sembra che si possa trovare altra formola se non questa bruttissima e sconciamente prolissa e tuttavia insufficiente: Arte Romano-bizantino-arabo-normanno-sicula. Ond'è che noi preferiremo chiamarla Arte siciliana del medio evo.

Cotanti nomi diversi risguardano un gruppo di edificii che

appartengono tutti ad una architettura, come si vedrà, composta di moltissimi elementi; ma composta in modo da formare un tutto omogeneo e compiuto in sè: per la qual cosa si può giustamente chiamare stile. Appartengono a quel gruppo il Duomo di Monreale, quello di Cefalù, la Cappella Palatina in Palermo, la chiesa dell'Ammiraglio, ed altri edificii, che avremo poi occasione di mentovare. Lo splendor dei mosaici, la ricchezza de' marmi, la singolarità delle forme architettoniche, resero celebri que' monumenti, i quali si vedono riprodotti ed illustrati sovente anche nelle Opere, che risguardano la storia generale dell'arte. E certo son degni di ammirazione e di studio. Ma le ricerche fatte su di essi non valsero ancora a vincere ogni dubbio ed a far cessare le controversie; anzi da un po' di tempo le quistioni sull'architettura di Sicilia si sono ampliate assai, minacciando di travolgere in alcune parti la storia dell'arte, non solo d'Italia, ma d'Europa. L'uomo che tenta un così feroce rivolgimento nella repubblica degli studii è l'abate cassinese già nominato. Egli s'è messo con grande animo alla battaglia. Finora ha combattuto da solo, forse con pochi ed oscuri ausiliari, contro pochi ed oscuri nemici; ma, se le discipline gentili e le ricerche sode torneranno in onore, egli troverà certamente chi raccoglierà il guanto, incrociando la spada contro di lui per la difesa del dominio storico, dove s'attenta di porre alcune fortezze a soqquadro. Noi stessi ci schieleremmo tra l'oste nemica a l'abate; e se non impugnamo le armi, se non imbracciamo ora lo scudo, se non gridiamo a tutta gola *Akbar Allah*, si è perchè non abbiamo il tempo di far arrotare la scimitarra, nè in questi giorni ci sentiamo suscitare in petto lo spirito archeologicamente battagliero.

Ci contenteremo però di dire schietto al lettore ciò che pensiamo sulla questione dell'arte siciliana, e sull'esito probabile della guerra futura. Ma forse il lettore tuttavia non conosce quale sia la cagione del tenzonare. Sappia dunque, che finora l'imbroglio stava nel definire l'architettura di Sicilia, misurando qual parte di opera vi ebbero i varii popoli che dominarono l'isola e quale i nazionali stessi; quanto all'età a cui gli edificii si dovevano riferire niun dubbio ragionevole mosse mai da nessuna parte. La diplomatica, la storia mostravano che essi furono alzati a' tempi della dominazione normanna nel XII secolo. Solo s'eccettuavano il bagno arabo all'Otarello di Baida presso Palermo; forse il palazzo e bagno di Maredolce; forse i bagni di Cefalù e il palazzo della Zisa, i quali ultimi edificii erano altra volta ornati di gravi iscrizioni cufiche. Alcuni eccettuavano altresì il palazzo

della Cuba, ma senza fondamento di ragione, e pochi altri monumenti minori; tutti gli accennati edificii furono peraltro in così fatto modo acconci ed abbelliti dai Normanni, che ognuno confessava difficile cosa lo sceverare ciò ch' è del XII secolo da ciò ch' è più vecchio. Ma ecco che salta fuori il Gravina a dir che tutti hanno sbagliato — il che del resto non sarebbe proprio proprio impossibile —; ecco che stampa con ardito cuore la seguente dichiarazione: « Uno studio severo ed una meditazione di varii anni sui membri che costituiscono l'attuale fabbricato del Duomo di Monreale ha talmente sviate le mie idee da ciò che comunemente fu creduto sin oggi sulla sua origine, da ciò che fecero agli scrittori non sincroni travedere i diplomi, che io oso presentarmi con pensieri affatto nuovi, con teorie sulla erezione di questo tempio non solo, ma di tutto ciò che concerne l'êra normanna in Sicilia in fatto di architettura, che rovesciano la storia dell'architettura sicula del medio-evo, e forse ancora quella dell'intera Europa, in riguardo all'introduzione dell'architettura aguzza ».

Innanzi di mostrare i pensieri del Gravina e le fondamenta della sua teoria radicale, gioverà, crediamo, esporre in brevi parole la storia dei monumenti, sui quali s'aggira la discussione. Il più importante fra tutti è senza fallo il vasto edificio, che si alza sopra un bel colle presso Palermo. Un dì re Guglielmo II, il *Buono*, stanco delle fatiche della caccia, s'adormentò in un boschetto sopra quel colle, quand'eccogli apparire in visione la Vergine, che con dolci parole gli mostra il luogo dove il padre di lui, Guglielmo il *Malo*, aveva nascosto certi maravigliosi tesori. Si sveglia il re, fa scavare il terreno, trova infatti le straordinarie ricchezze, e vota la erezione di un tempio e di un chiostro lì in onore di Maria Vergine.

Codesta è la favola; ma ci restano, meglio che leggende, incontrastabili documenti, e tra gli altri il diploma di re Guglielmo medesimo, in cui sono accennate le ragioni che l'avevano mosso a fondare codesto monastero di S. Maria nuova, al quale portava una così *immensa devozione, che niente valeva a sopirla o raffreddarla, ma anzi ogni dì più e più s'aumentava, talmente che, quanto meglio all'onore ed al comodo di esso la liberalità del re provvedeva, tanto più si animava a crescerlo in dignità e possessioni.* Quel diploma dice latinescamente così: « Inter universas laudes et mansuetudinis nostrae praeconia, et successus quibus divina cle-

mentia largiente, regnum nostro jugiter exaltatur, inter actus nostros et operum dispositionem, quae rex regum omnium, et dominantium dominator a primordiis nostri regiminis clementer direxit, et misericorditer custodivit, nihil est quod aeque lance pensemus, nihil de quo mens nostra gloriosius jucundetur, quam quod piae devotioni nostrae contigit aulam supremo regi construere et ei fundare basilicam de cujus dextera diadema suscepimus, quo propitiante tranquillum nostrum regnum fovetur et omnes eminus turbines propelluntur. » Questo diploma fu segnato l'anno 1176: Guglielmo, salito di dodici anni al trono di Sicilia, aveva allora ventidue anni soltanto. Ma già la chiesa ed il monastero erano nel 1174 bene avviati, come si rileva da una bolla di Alessandro III, data il dì 30 dicembre di quell'anno in Firenzuola; e due anni dopo il lavoro era tanto innanzi che cento frati, mandati da Benincasa, abate della congregazione cavense, poterono, condotti a grandi onori del re, prendere possessione del monastero. Nel 1182 Lucio III innalzava la chiesa a sede arcivescovile, e indirizzava al primo arcivescovo di Monreale la seguente bolla, che il lettore vorrà pigliarsi in pace: « Nos...... in loco, qui Monsregalis dicitur, pro multa utilitate populi christiani metropoliticam sedem duximus statuendam, cum etenim charissimus in Christi filius noster Guillelmus illustris Siciliae Rex divinae charitatis igne succensus ad gloriam Dei et salutem suam ac parentum suorum, Monasterium ibi fundasset....... Sic aedifioiis erigendis regiam curam impendens brevi tempore templum Domino multa dignum admiratione construxit, castris munitissimis, et redditibus ampliavit, libris et sacris vestibus et argento decoravit et auro, et tandem multitudinem monachorum de Cavensi ordine introduxit, et in tantum aedificiis et rebus aliis extulit locum ipsum, ut simile opus per aliquem regem factum non fuerit a diebus antiquis, et in admirationem homines adducat, ad quos ex auditu solo potuerit quod factum est pervenire. » Queste parole di ammirazione son ripetute da Clemente III nel 1188, da Innocenzo III nel 1198, quando re Guglielmo era già morto da nove anni, da Riccardo di S. Germano parecchio tempo dopo, nella sua *Chronicon rerum gestarum ab excessu Willelmi Siciliae Regis, anno Domini* 1189 *ad annum usque* 1243. Non è credibile peraltro che nel 1182 la chiesa fosse co' suoi ornati al tutto compiuta, anche se voglia supporsi che nel 1176, quando v' andarono i cento frati, fosse ultimata la costruzione murale; giacchè in sei anni, per quanto si creda grandissima l'attività degli operai e strabocchevole il loro numero,

non poterono con sì gran precipizio essere finiti i mosaici delle volte e le incrostature di marmo sulle pareti. Ma bensì l'opera poteva essere tirata innanzi per modo da dare una esátta idea della sua ricchezza sontuosa e della sua maestosa eleganza.

Men ricco edificio, meno elegante e più vecchio di alcuni anni è la cattedrale di Cefalù; che pure appartiene allo stile del Duomo di Monreale. Fu fondata da re Ruggero. La prima pietra, come si rileva da un diploma di Ugone arcivescovo di Messina, fu posta il dì della Pentecoste dell'anno 1131, e già nel marzo del 1132 re Ruggero poteva scrivere come di cosa finita: « Ego Rogerius Rex.... feci ædificare templum episcopatus ab initio fundationis suæ in loco qui dicitur Cephaludum in nomine et honore Salvatoris. » Dieci mesi bastarono dunque ad alzare una così vasta chiesa, la quale — e il lettore capirà poi perchè insistiamo su ciò — niuno può in verun modo dubitare che Ruggero di pianta fondasse. I diplomi lo ripetono a iosa; lo ridice chiaro e tondo quello col quale il re nel 1145 dotava il novello tempio, e nel quale tra l'altre cose si leggono queste parole:.... « ad honorem sancti Salvatoris proposuimus ecclesiam construere in civitate Cephaledi..... Quam volente Deo et Salvatore nostro cooperante fondavimus atque construximus. » Ma i mosaici che ornano il santuario e la conca si facevano tre anni dopo; la qual cosa ci è palesata da una iscrizione in versi latini, che finisce così: « Anno ab incarnatione Domini millesimo centesimo XLVIII, Inditione XI, anno V, regni ejus XVIII. Hoc opus Musei factum est. »

Contemporaneamente alla cattedrale di Cefalù Ruggero alzava ed ornava la piccola, ma veramente mirabile Cappella del suo reale palazzo. Ci piace descriverla con una omelia che fu attribuita a Teofane Cerameo. Teofane Cerameo, arcivescovo di Taormina, viveva certo nel IX secolo; l'omelia fu senz' alcun dubbio recitata dinanzi a re Ruggero, quando i suoi figli, che vi son ricordati, erano ancor tutti vivi, e però prima del 1149, ma dopo il 1143, anno in cui furono eseguiti i lodati mosaici. Le date non si conciliano dunque; l'omelia non può quindi essere di Teofane. E veramente Michele Amari crede che l'ampia raccolta di omelie greche, conosciuta sotto il nome dell'arcivescovo di Taormina, sia di due autori: l'uno del IX secolo, l'altro del XII; e questi par fosse un Filagato, monaco e filosofo. Ecco ad ogni modo qualche periodo dell'omelia: « Teco mi congratulo città, e teco divin tempio reale.... Una cosa pose segno dell'animo del pio imperante, Salvatore benigno, ed è questa, il presente giocondissimo tempio.... il quale edificò nella regia amplissimo, esimio per

nuovissima bellezza, fulgentissimo per l'oro, splendidissimo per le pietre, e fiorentissimo per le pitture. Il quale tempio molte volte veduto e riveduto, come la prima volta, reca stupore. Il tetto è veramente meraviglioso: ornato di certe sculture minutissime e variate in forma di canestrini, e d'ogni parte d'oro rilucente; imita il cielo quando risplende nel puro aere pel coro delle stelle. Le colonne poi, sostenendo archi, magnificamente sollevano il tetto ad una altezza immensa. Il santissimo pavimento, ornato con varie pietruzze di marmi, a mo' di fiori, è simile ad un prato di primavera; senonchè il fiore svanisce e cangiasi, ma questo prato è incorruttibile e perenne; giacchè contiene in sè fiori immortali. Ogni parete poi si ricopre della varietà de' marmi; e la parte superiore di esse è occultata d'auree pietruzze per quanto non comprende il coro delle venerande immagini. Ma il luogo della ineffabile cerimonia è da ripari di marmi a' sacerdoti racchiuso, e servono per riposarsi e per istare al sicuro.... La divina mensa, splendente per l'oro e l'argento, sorprende chi la vede. Il resto onoro col silenzio. Tutto il tempio poi riporta dolcemente come intorno agli antri, a quei che cantano gli inni divini, echeggiando la voce........ »

Non sappiamo se al lettore garbino come a noi codeste descrizioni antiche di cose che si vedono tuttavia; certo l'omelia, ampollosa, rettorica e ingenua, ha sapor zuccherino. Negli studii niente di quel che è vecchio, per poco che giovi, ne pare rancido. Ma giova dire che la Cappella del Palazzo non si sa proprio in che hanno fosse fondata. Si sa che nel 1132 Pietro, arcivescovo di Palermo, la innalzava a chiesa parrocchiale; si sa che fu consacrata nel 1140, e ciò per due diplomi, uno firmato dai preti greci e latini, che assistettero alla cerimonia, l'altro di re Ruggero medesimo, in cui è detto:.... « Titulo S. Petri apostolorum principis intra nostrum regale palatium, quod est in urbe Panormi, ecclesiam summa devotione fabbricari fecimus. » Ma pur se il Re facesse eseguire i mosaici fu a lungo discusso, credendo i più che li avesse fatti fare Guglielmo, a cui devonsi i mosaici di Monreale. Il duca di Serradifalco sciolse peraltro il dubbio, pubblicando una iscrizione greca, la quale in versi politici e caratteri cubitali gira intorno alla fascia inferiore del tamburo della cupola. L'iscrizione, qua e là restaurata, dice così: *Altri imperatori una volta eressero altri luoghi onorandi a' santi; io però Rogero, re scettripotente, al primo de' discepoli del Signore, all' arcipastore e corifeo Pietro, a cui Cristo confermò la sua chiesa, ch' egli ebbe in effusione ammiranda del sangue.... l'indizione tre volte.... vertente l'anno*

con esatta ragione cinquantesimo oltre della prima unità, *corrente il sesto migliaio col sesto centinaio misurati.* Ma noi non abbiamo tanto voluto ricopiare dal libro del Serradifalco questa iscrizione per mostrare che re Ruggero fece almeno eseguire i mosaici del santuario nella sua Cappella — il che in fondo c'importa pochino —; quanto per prepararci occasione a toccar di un certo modo di data, che forse qualcuno de' nostri lettori non si rammenta. L'anno indicato nell'epigrafe riferita è, ridotto a cifre, il 6651; or questo 6651 è semplicemente il 1143, giacchè costume costantinopolitano era contare 5508 anni innanzi alla venuta di Gesù Cristo. Re Ruggero fondò anche la chiesa di S. Maria la Nova in Messina, ora cattedrale. Dalla vecchia basilica, guasta e profanata dai Musulmani, ci narra alcuna cosa un diploma di Guglielmo, arcivescovo di Messina, dato il 1123: «..... Ecclesiam Sanctae Mariae, quam gloriosus Comes Rogerius, atque gloriosa Domina Adelaida Comitissa Siciliae et Calabriae, de vilissimo stabulo restauraverunt. » Ma poi, nel 1203, Federico imperatore, in un diploma indirizzato all' arcivescovo Berardo, dice della chiesa di S. Maria etc. «..... regis Rogerii avi nostri..... cum magna devotione fundavit.

Brevemente diremo degli altri edificii d'architettura siciliana. La chiesa di S. Pietro La Bagnara, fondata a' tempi di Roberto Guiscardo, da certo Nicolao, figlio di Leone Paratallasita, l'anno 6589, cioè 1081, fu rifatta da Guglielmo II e consacrata da papa Innocenzio III. La chiesa di S. Giacomo La Mazara è riferita dal Mongitore, dal Fazello, dal Cannizzaro, dall' Inveges al 1088. La chiesa di S. Cataldo è anteriore al 1161. La chiesa della S. Trinità, detta La Maggione, è del 1150, e fu fondata da Matteo, cancelliere poi di Guglielmo II. Il monastero di S. Spirito, alzato da Gualtiero Offamilio, arcivescovo di Palermo, fu cominciato prima del 1178, anno in cui un diploma di Guglielmo rammenta il monastero e l'arcivescovo, *dilecte, fidelis et familiaris noster.* Assai più importante di questi edificii palermitani, che il Serradifalco dà disegnati nel suo libro, è la chiesa dell' Ammiraglio, detta la Martorana, pure in Palermo. Fu alzata da Giorgio Antiocheno, *il raggiante astro del mattino — l'amabile stella del tramonto — Giorgio che fu meraviglia del mondo — Luce che splende amica ai Cristiani — Fiamma divoratrice delle città dei barbari — Imperatore del mare e della terra — Nel valore fulmine che distrugge — porto aperto agl' infelici — equa bilancia di giustizia — dispensiero generoso di benefizii — vera lucerna del Re,* e via via. Cotante laudi si leggono in un epitaffio sul dorso a un documento del 1146 cu-

stodito nell' archivio della Cappella palatina. Il fatto è che dal diploma di dotazione, dato da Giorgio, ammiraglio del conte, poi re Ruggero, si conosce come la chiesa fosse già prima del 1143 compiuta; e dal citato epitaffio, che termina così: *Correndo gli anni seimila — seicento — con cinquanta e nove*, si capisce che quella *gemma sopra tutte le altre preziosa* fu sepolta l'anno 1151.

Di due edificii vogliamo tuttavia toccare: la magnifica e famosa cattedral di Palermo, ed il palazzo della Cuba. De' versi latini, scolpiti sopra una lastra di marmo, ricordano che quella chiesa fu riedificata dall'arcivescovo Gualtiero l'anno 1185, regnante Guglielmo il Buono. Una iscrizione neskhi, intagliata nelle mura originarie del palazzo e posta intorno a modo di fregio, dice, secondo l'Amari, che la pubblicò anni addietro nella *Revue Archéologique*, così: *(Al nome di Dio) clemente e misericordioso. Fissa qui la tua attenzione, fermati e guarda! Tu vedrai un oggetto magnifico, appartenente al migliore dei re, Guglielmo secondo.... Si è fatto secondo i segni dei tempi e la cronologia.... e del Signore il Messia mille e cento, seguiti da ottanta e due anni, secondo la mia maniera di contare.*

Iscrizioni arabe, epigrafi e omelie greche, diplomi e versi latini: tre lingue vengono contemporaneamente ad accertare la storia dei monumenti siciliani. Strana società, dove si scrivevano e parlavano tre linguaggi, dove i re cattolici adopravano senza scrupolo la favella de' Musulmani e quella de' Greci, dove la gente bizantina, araba, normanna si univa al popolo di Sicilia, anzi formava quasi col popolo dell'isola una sola nazione! Ma quel che importa a noi ora è di mettere in sodo questo: che se v'è argomento di sicurezza storica mai, e' dev'essere appunto per questi edificii del medio evo in Sicilia, giacchè i documenti incontrastabilmente autentici sovrabbondano, si confermano, si chiariscono l'un l'altro. La pergamena è illustrata e illustra a sua volta il marmo, la pietra, il mosaico; chi dubita di tante e sì concordi memorie può dubitar d'ogni storia, d'ogni cronaca, d'ogni epigrafe, d'ogni archivio. L'architettura siciliana è in ciò più fortunata d'ogni altra, giacchè dove in tutte le altre provincie italiane o straniere i dubbii sulla età de' monumenti del medio evo tengono in forse gli archeologi e gli storici dell' arte — onde nasce grande copia di madornali errori —, costà in Sicilia la discussione artistica può almeno riposarsi tranquilla sui fondamenti della sicurezza storica. Tra gli edificii della cui fondazione abbiamo tracciato a volo la storia, due soli di secondaria importanza ne lasciano in dubbio: la chiesa di S. Giacomo La Mazara e quella di S. Cataldo. Se

si credesse agli autori ed alla tradizione, il S. Giacomo sarebbe un edificio alzato a' tempi di quel conte Ruggero, al quale Guiscardo aveva dato per conquistar la Calabria un solo cavallo mortogli poi sotto, ond' egli dovè portarsi in ispalla la sella: quel conte Ruggero, ch' era sì povero da dover coprire la moglie col suo proprio mantello, e che fu nondimeno lo stipite dei reali di Sicilia. Ma per gli altri edificii si può, volendo, concludere con una tabella:

Edificio	**Anno** della fondazione	**Fondatore**
Cattedrale di Cefalù. .	 1131	re Ruggero
Cappella palatina. . .	un po' prima del 1132	re Ruggero
Martorana	. . . .prima del 1143	Giorgio, ammirag.
S. Trinità.	 1150	Matteo cancelliere
Duomo di Monreale. .	un po' prima del 1174	Guglielmo II
Monastero di S. Spirito	un po' prima del 1178	Gualtiero, arcivesc.
Palazzo della Cuba. .	 1182	Guglielmo II
S. Pietro La Bagnara.	. . . .	Guglielmo II
Cattedrale di Messina .	. . . .	Guglielmo II
Cattedrale di Palermo	 1185	Gualtiero, arcivesc.

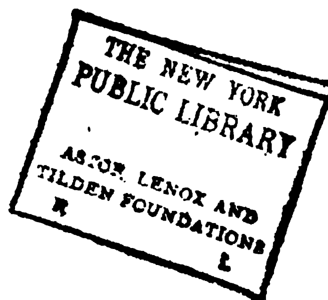
Questi edificii, ne' quali sono compresi i più notevoli monumenti dell'architettura siciliana del medio evo, formano un gruppo compatto per l'arte e per la storia. Appartengono tutti ad un unico stile; son chiusi tutti in un piccolo cerchio di cinquantacinque anni. Così parrebbe che dovesse essere; ma così non pare al Gravina. Egli spezza il cerchio storico, ne getta i frantumi a' venti, fa correre correre gli edificii lontan lontan lontano, niente meno che al VI secolo dell'era nostra volgare. A un tratto que' monumenti invecchiano di seicent'anni. Eppure il Gravina non è uomo da pigliarsi a gabbo: è dotto sul serio, studiatore indefesso, amatore caldo degli edificii dell' isola, veneratore, ma nello stesso tempo ricercatore minuziosissimo del suo caro duomo di Monreale.

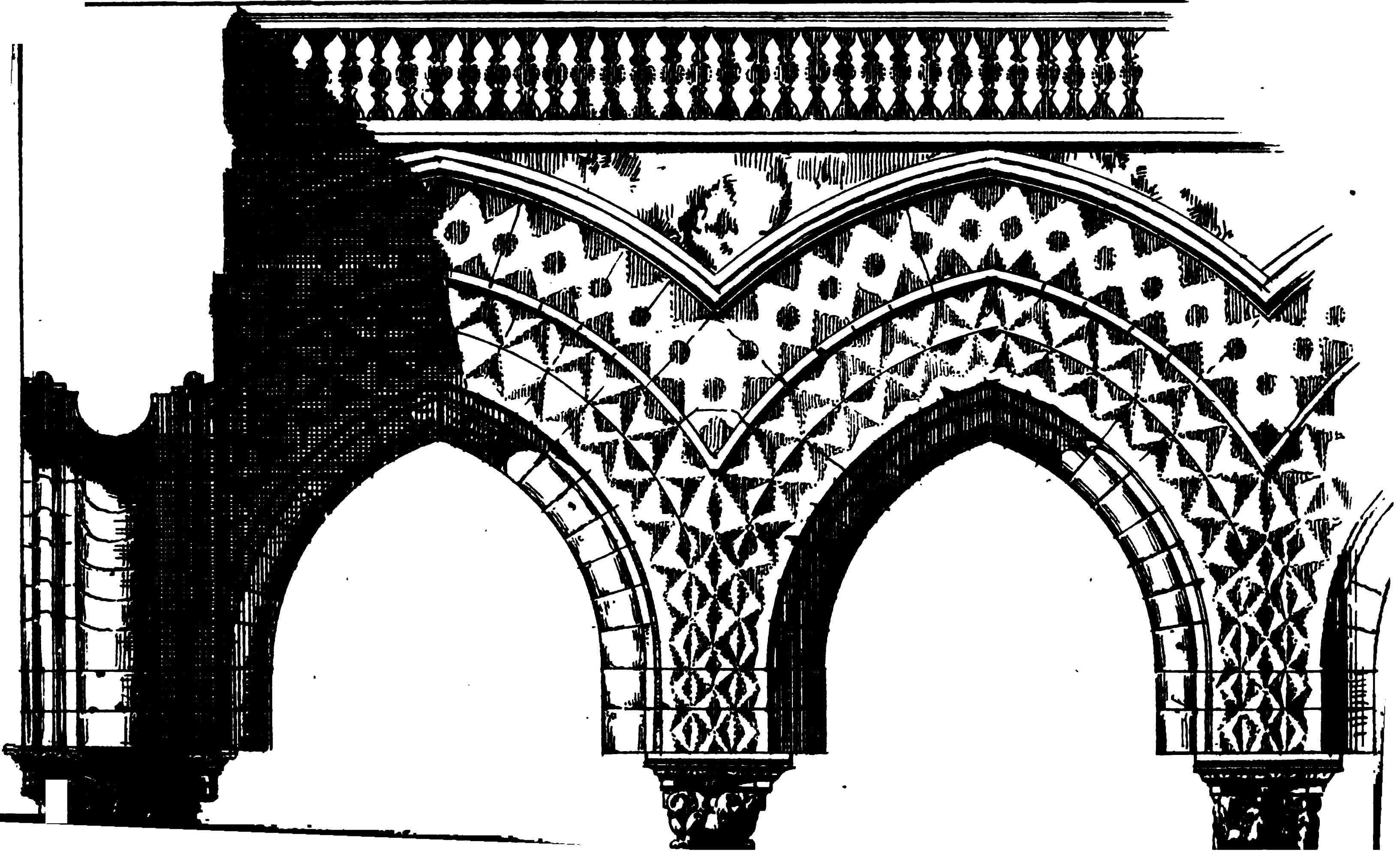
Le ragioni sue — giacch'egli ha molte ragioni, che noi ci proponiamo di esaminare — son di due sorta: architettoniche e storiche. Il vero fondamento de' suoi raziocinii è peraltro l'esame degli edificii; nè egli lo nasconde, anzi ad alta voce dichiara: *prima l'esame, poi la diplomatica;* ed un paragrafo è intitolato: *L'analisi, unico mezzo a conoscere la vera data dei monumenti.* Codesta sentenza, purchè non vada insino al rifiutare i lumi della storia, ci pare, in verità, savissima. La forma è un documento per sè medesima, più efficace, più decisivo d'ogni altro. Il frammento d'una cornice, d'un ornato può talvolta svelare l'età di una costruzione; talvolta la qualità dei materiali, il modo di tagliare le pietre o di connetterle può indicare con sicurezza un'epoca. Ma quando dinanzi alle prime conclusioni fatte sull'esame di un edificio si schierano a combatterle memorie storiche certe, argomenti archeologici sicuri, giova, crediamo, dubitare di tal primo esame, rifarlo, vedere se le ragioni dell'osservatore si possono accordare a quelle dello storico, e, pigliando la storia non come nemica, ma come ausiliaria, stringere fra i criterii, che prima tenzonavano insieme, una pace logica e ferma. Se l'osservatore vede bene, se lo storico pensa giusto, non può non essere che l'uno e l'altro si stringano presto o tardi la mano.

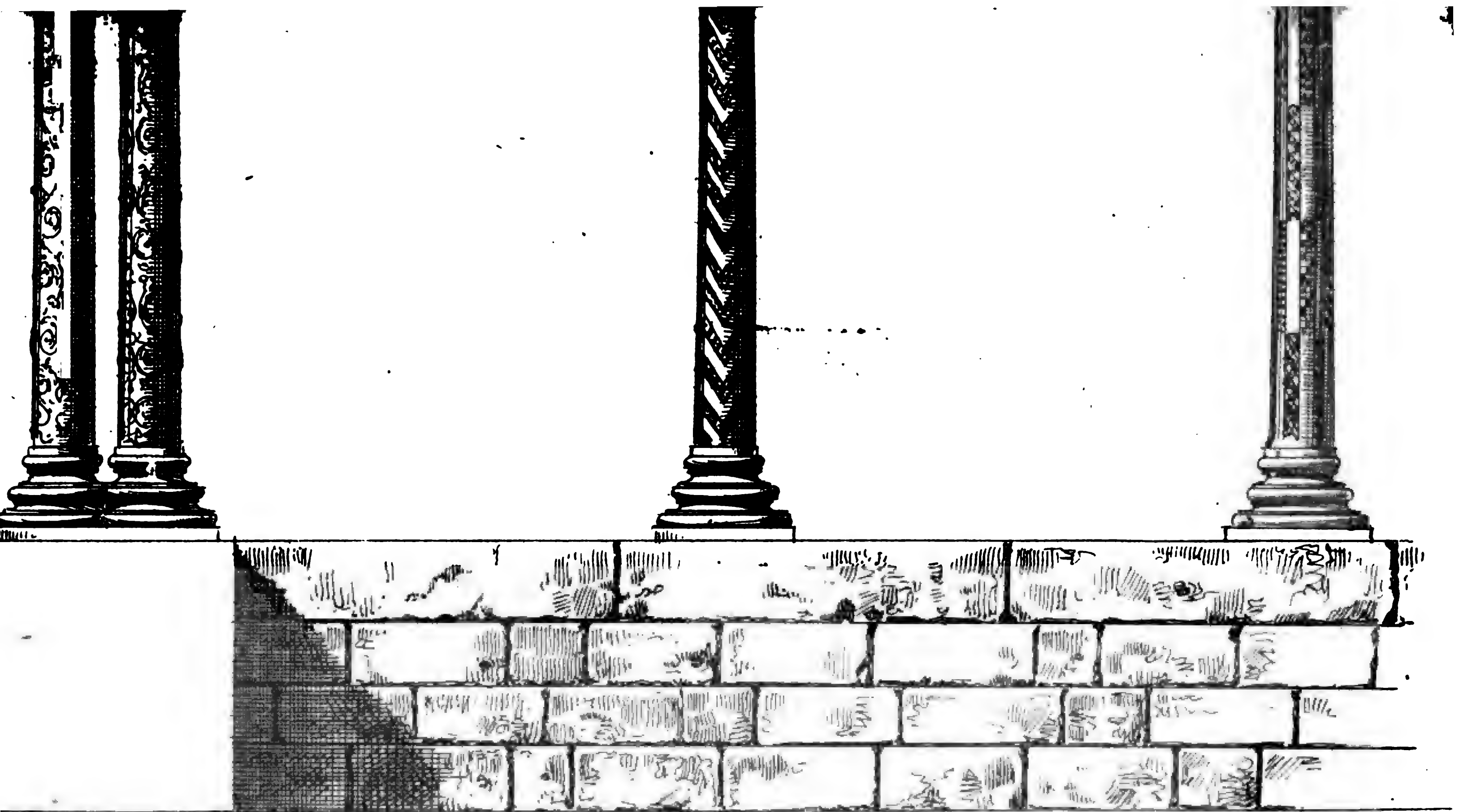
Or diciamo ciò che vede il Gravina nel suo Duomo di Monreale. Vede che il Duomo ed il monastero contiguo sono di due epoche: alcune parti murali trova costrutte con pezzi di pietre poligonali, tenuti in sesto dal cemento, che è l'*opus incertum;* alcune trova invece costrutte a corsi regolarmente orizzontali di tufo calcare: queste dice più recenti, le altre più antiche. Dopo questa osservazione generale, risguardante la costruzione, scende all'esame della forma artistica, principiando dal chiostro. Ma perchè le arcate del chiostro possono dare una sufficiente idea dello stile, e possono giovare a spiegar col disegno le osservazioni del Gravina, abbiamo pensato che convenisse mostrarle quì in una tavola autografata alla buona. Il chiostro è quadrato; ha ventisei arcate per lato; ogni arco poggia sopra due colonnine, binate nel senso della grossezza; solo a' quattro angoli gli archi s' adagiano sopra un gruppo di quattro colonne. Questi gruppi sono mirabili: le colonnine di ciascun di essi vanno ornate in modo, quasi in istile diverso da quello degli altri. In uno ammiri l'intreccio delle forme lombarde, a cerchi grandi e piccini, con entro rose o animali; nel secondo vedi larghe foglie di vite con putti, che stanno in piedi o a cavalcioni sui gambi; il terzo ha fogliami semplici, quasi puramente classici; il

quarto mostra come una pianta che s'arrampica sui fusti, intralciata e sporgente. I fusti delle colonne binate non hanno ornamenti scolpiti, ma all'incontro sono arricchiti di fascie in mosaico variopinto, quali a zone verticali, quali a modo di lunga spira, quali a spina, a scacchi, in altro disegno. Le basi son tutte uguali; ma i capitelli tutti diversi. Figure, uccelli, animali d' ogni maniera escono dalle foglie d' acanto, di vite, d'altre piante; sirene tengono colle due mani la doppia coda; il leone, il toro, l' angelo e l' aquila stanno a' quattro lati di un abbaco: qui figure piccine, lì grandi, qui allegoriche, lì mostranti i fatti della Scrittura, e poi fiorami, volute d'ogni maniera, bizzarrie d'ogni sorta. In uno de' capitelli si vede il re, che presenta alla Madonna il modello della Chiesa, portato con bel garbo da un angelo ad ali spiegate. La Madonna è seduta, tiene sulle ginocchia il Bambino, e fa atto di mostrargli il donatore. Ma ciò che reca meraviglia grandissima non è tanto la varietà delle forme, che nel medio evo si trova quasi dappertutto, quanto la varietà de' caratteri ornamentali. Alcune colonne, alcuni capitelli paiono a dirittura o della decadenza romana, o bisantini, o lombardi; taluni sentono dell'arabo assai, tali altri hanno come un'aria di stile archiacuto settentrionale. La gran copia degli operai, la loro diversa provenienza, la somma libertà di cui godeano nel comporre ed eseguire i particolari architettonici, son forse ragioni bastevoli a spiegare quella varietà? Supporre che una parte dei fusti e dei capitelli provenisse da qualche edificio demolito è impossibile; perchè i diametri dei fusti e le masse dei capitelli sono uguali per modo, da palesare sicurissimamente un intento comune, ed un disegno prestabilito. Come si spiega egli la notevole analogia che corre tra codeste colonne e quelle, più recenti, del chiostro del S. Paolo di Roma e massime del S. Giovanni in Laterano? I Cosmati venivano forse dalla Sicilia?

Questi ed altri quesiti, assai gravi per l'arte, non sono neanche toccati dal Gravina, e importano poco all'argomento che oggi trattiamo. Il Gravina si ferma al chiostro per dire: che tra le colonnine e la parte superiore, cioè gli archi ed il fregio, e' nota tanta diversità, tanta discordanza di stile, da non poter ammettere in verun modo che i portici siano stati costrutti in una epoca sola. Le colonne, ei dice, son de' Normanni; ciò che sta sopra è del VI secolo. A lui sembra che la esilità gentilissima de' sostegni non corrisponda alla rozza pesantezza della massa che sono destinati a portare. Gli archi acuti hanno nell'intradosso un grave cordone semicircolare, che sporge in fuori dal capitello, e che re-

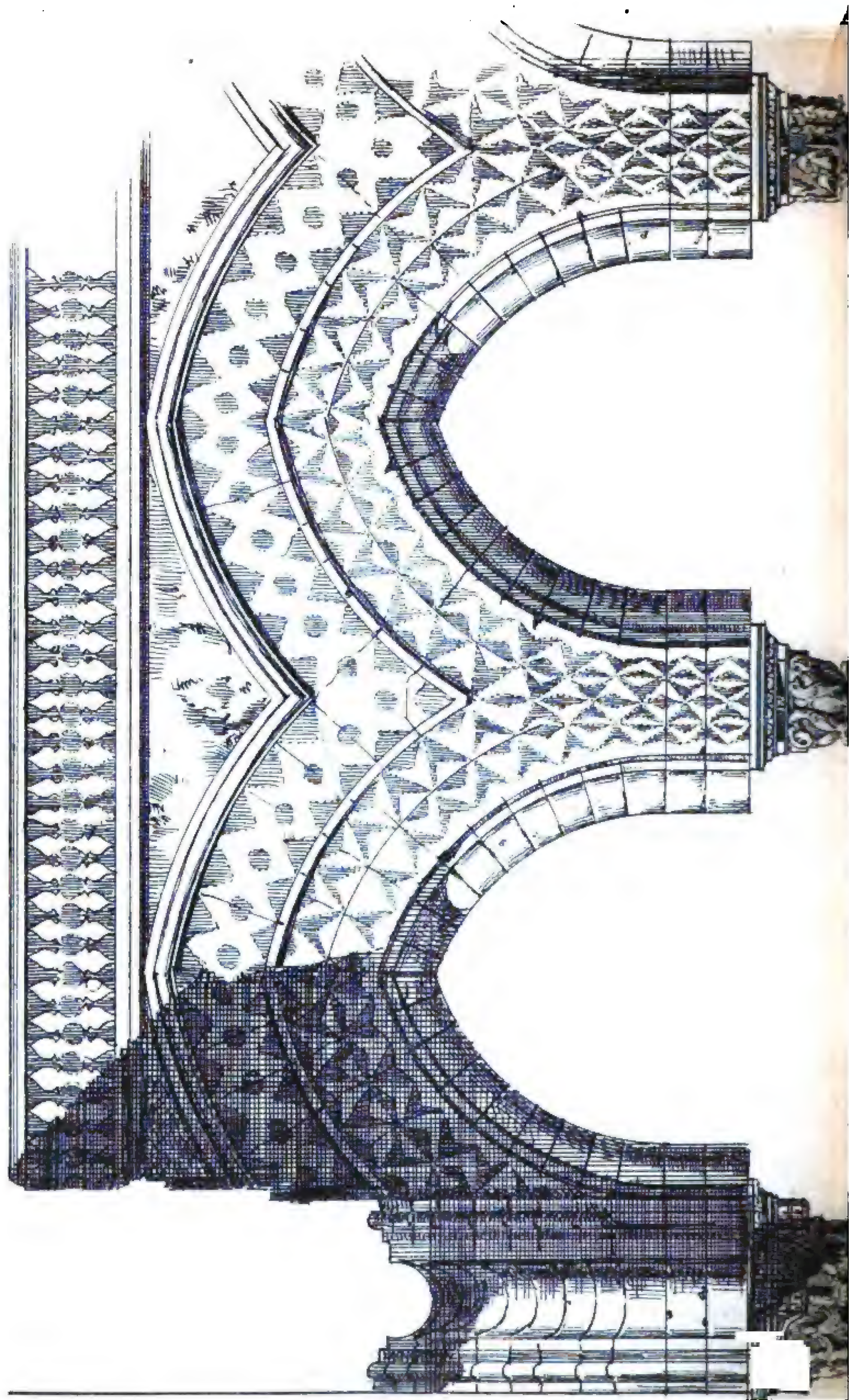


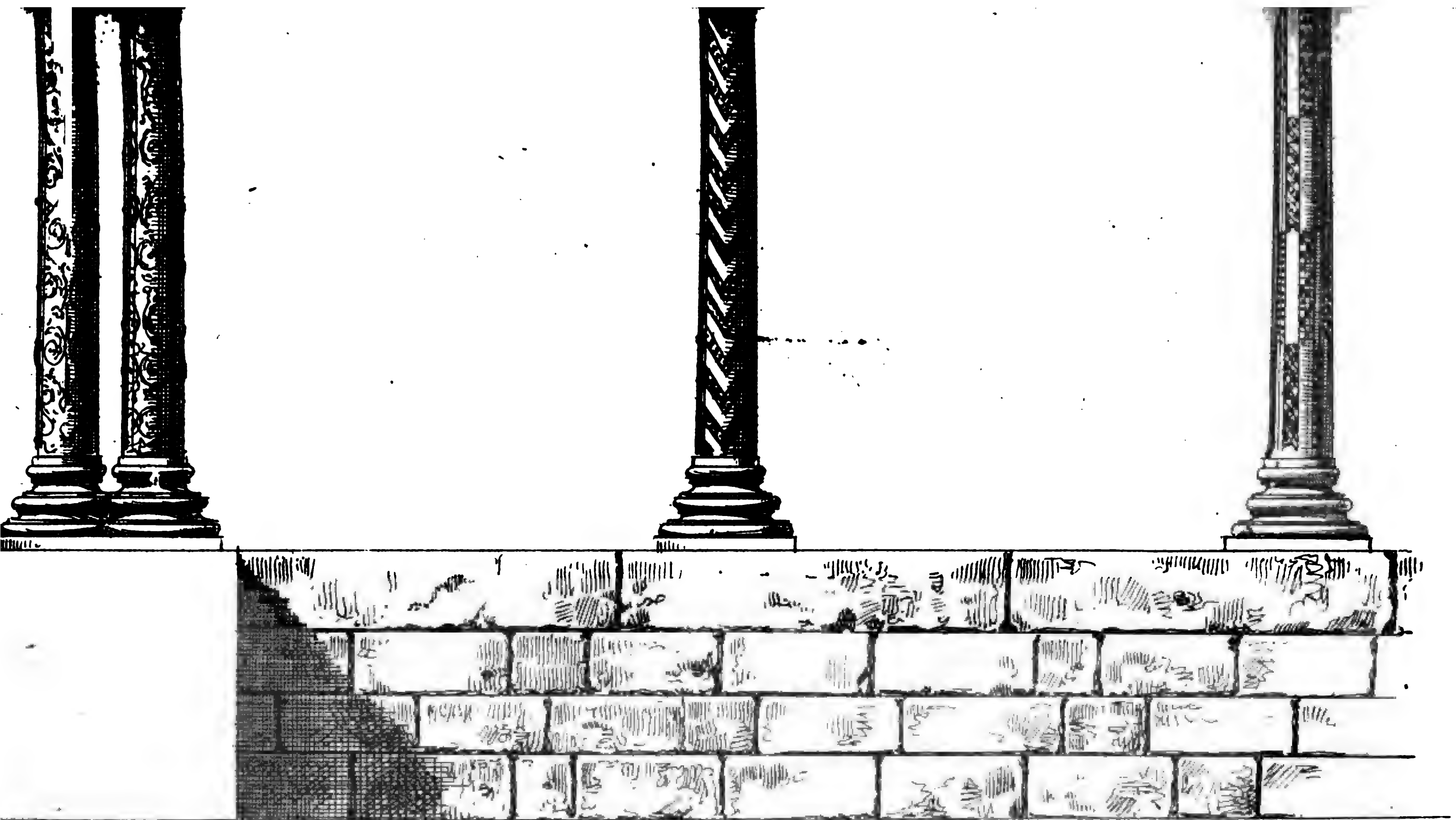




CHIOSTRO DI MONREALE

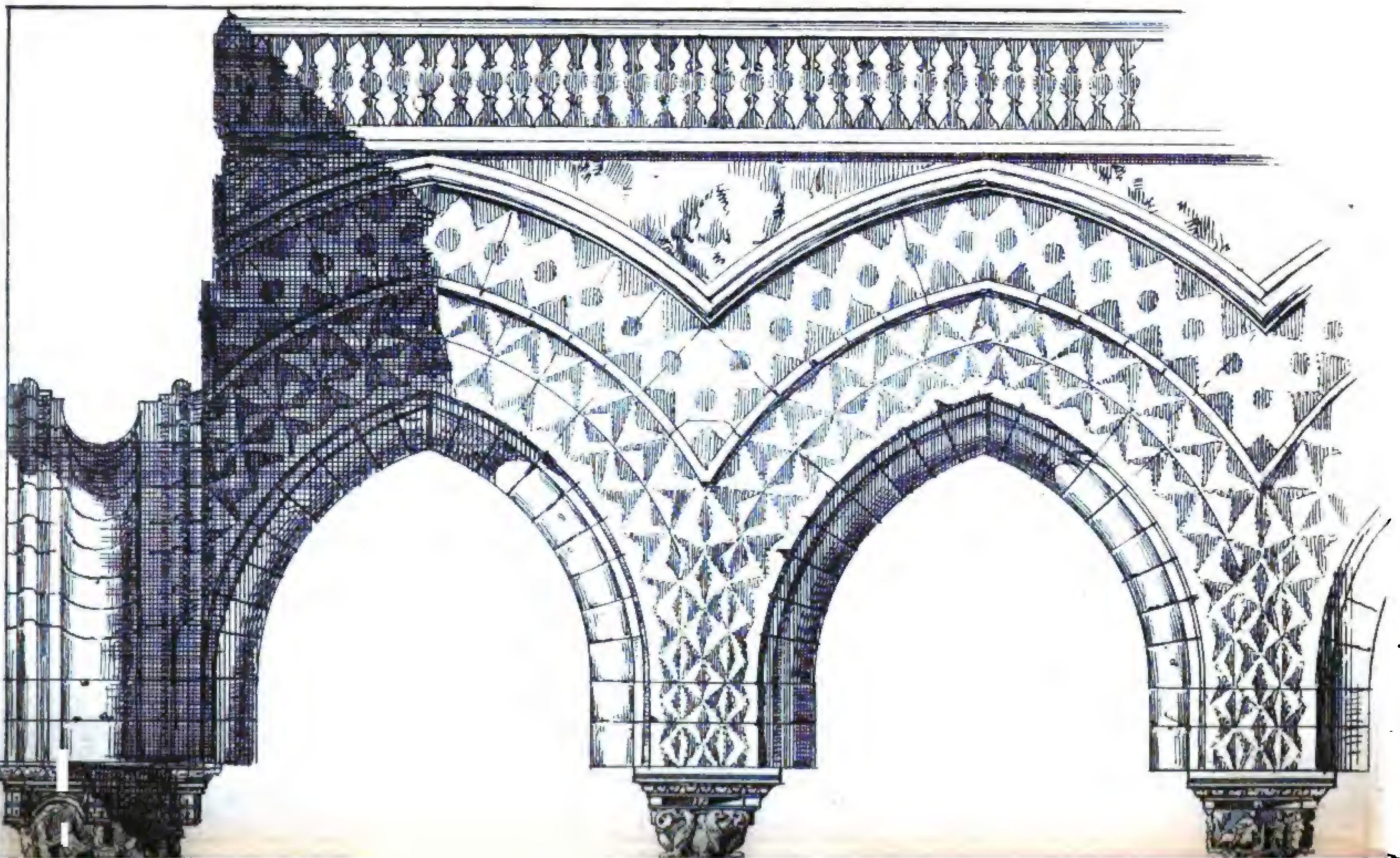
Scala di 1 : 20

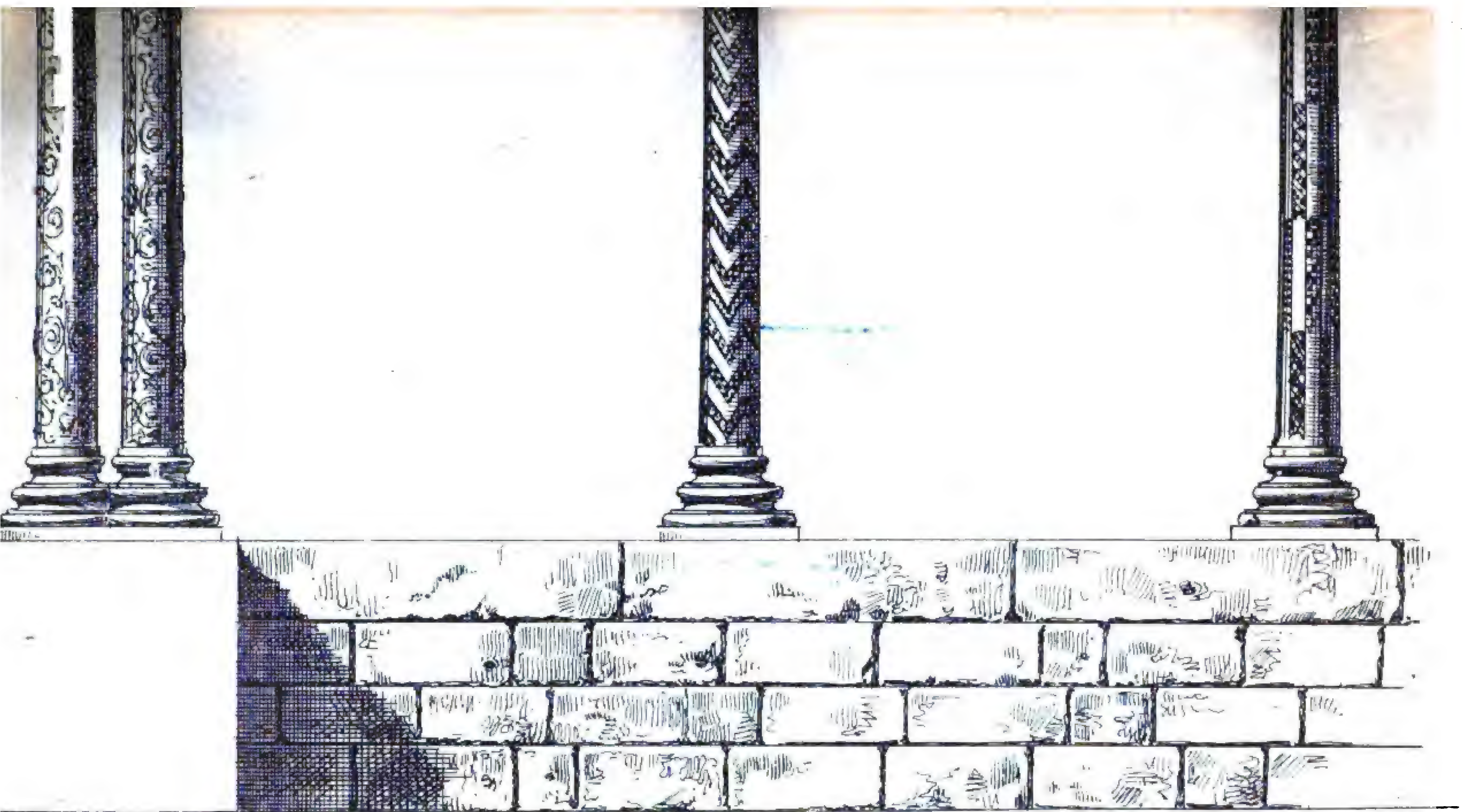




CHIOSTRO DI MONREALE

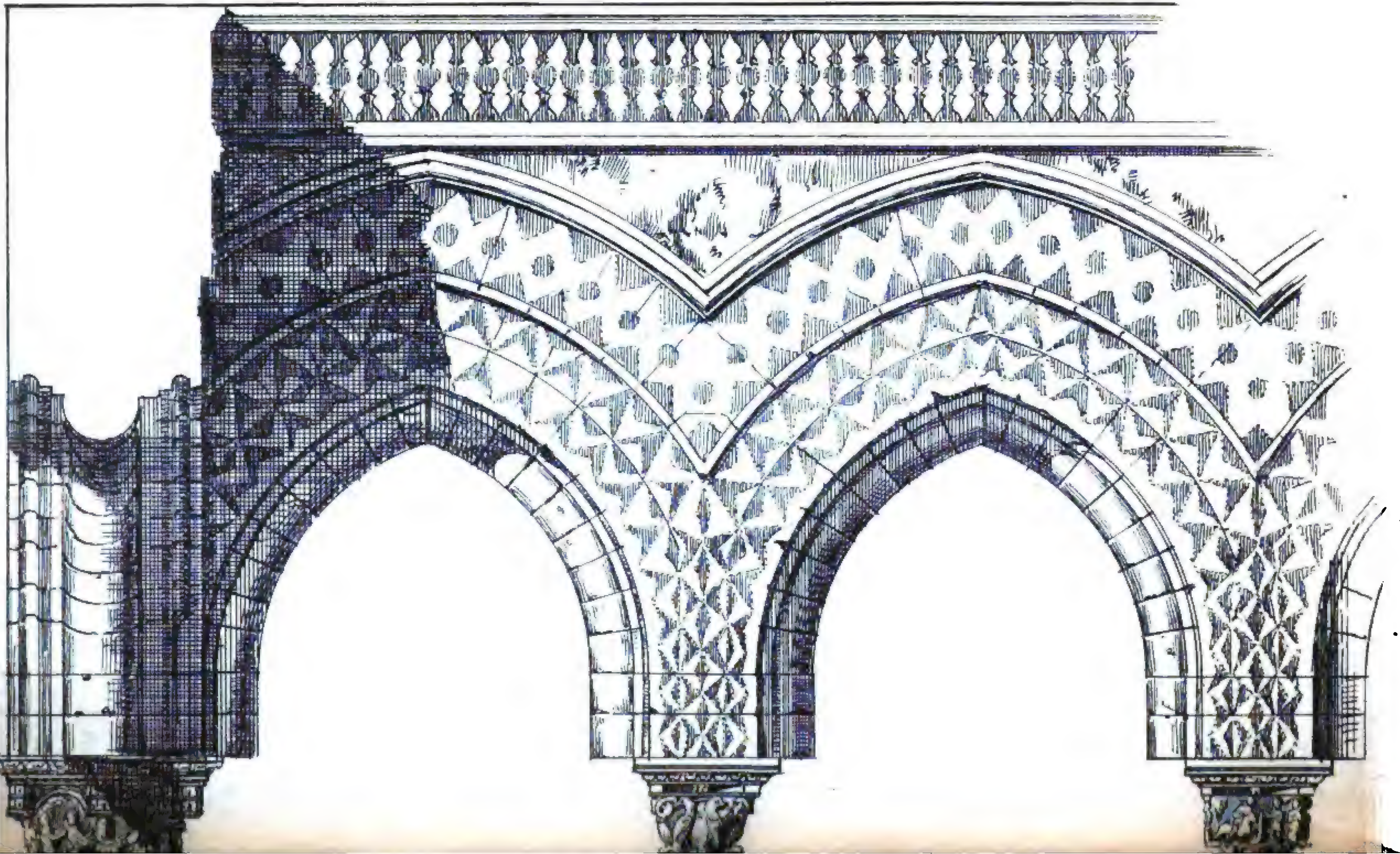
Scala di 1 : 20

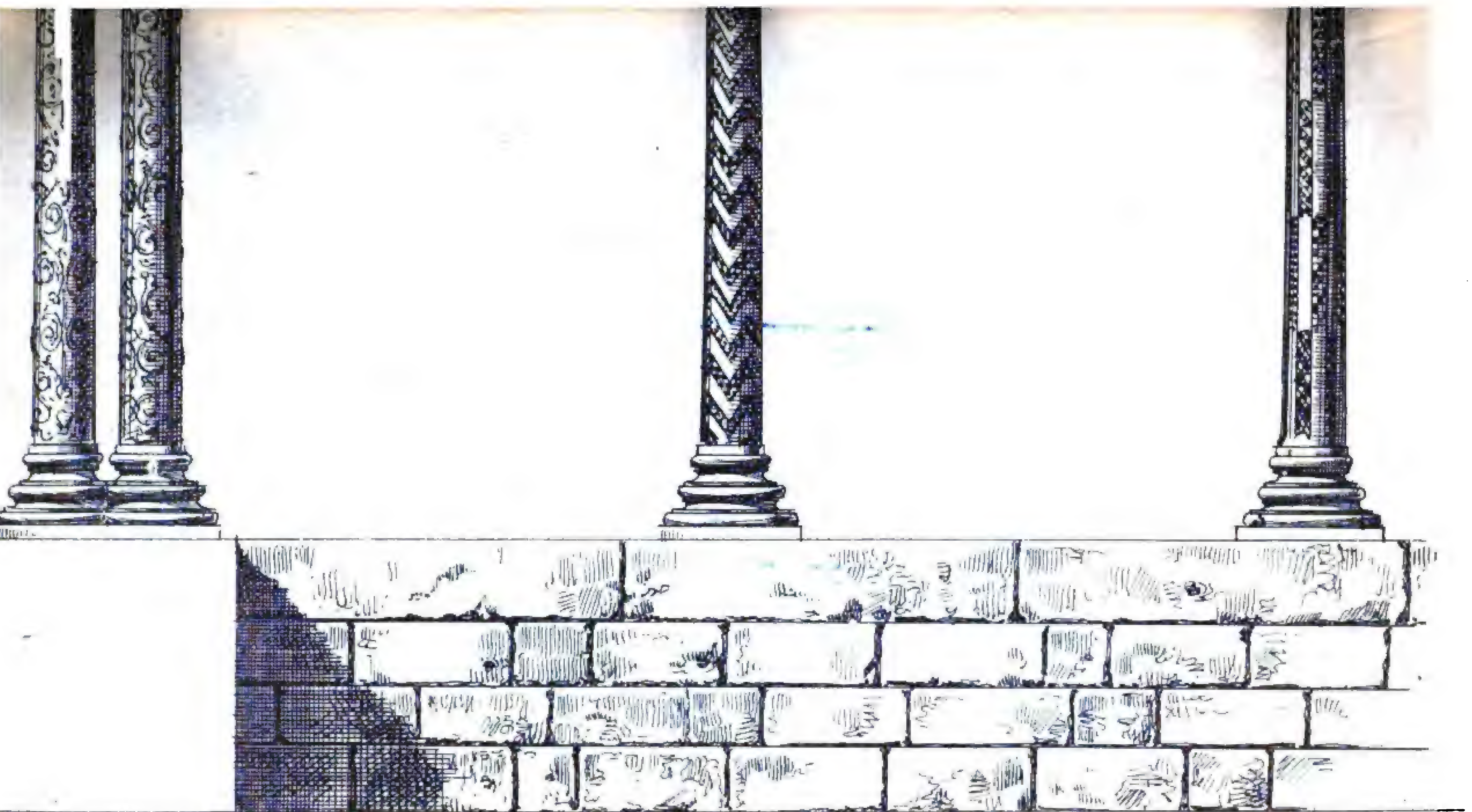




CHIOSTRO DI MONREALE

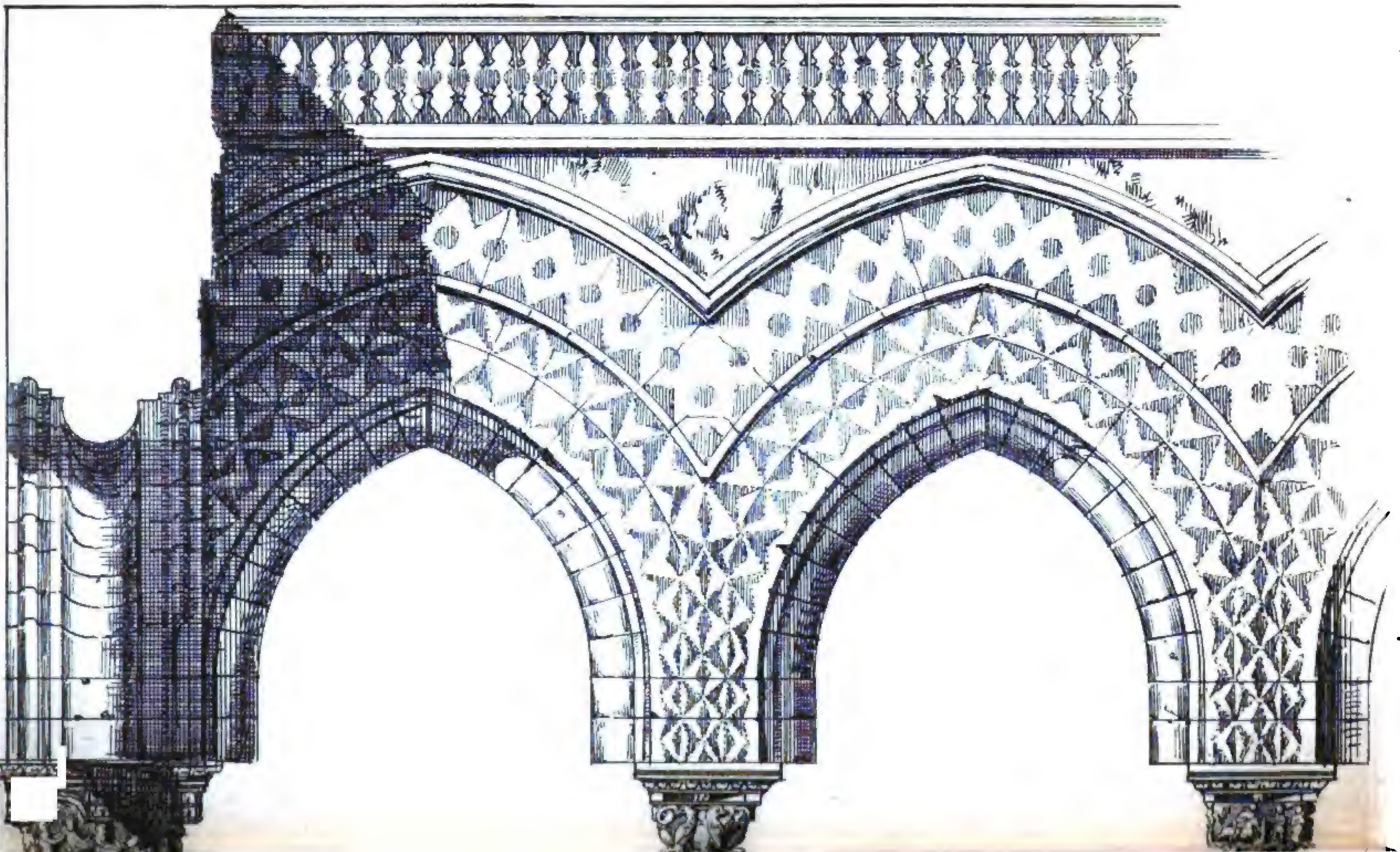
Scala di 1 : 20

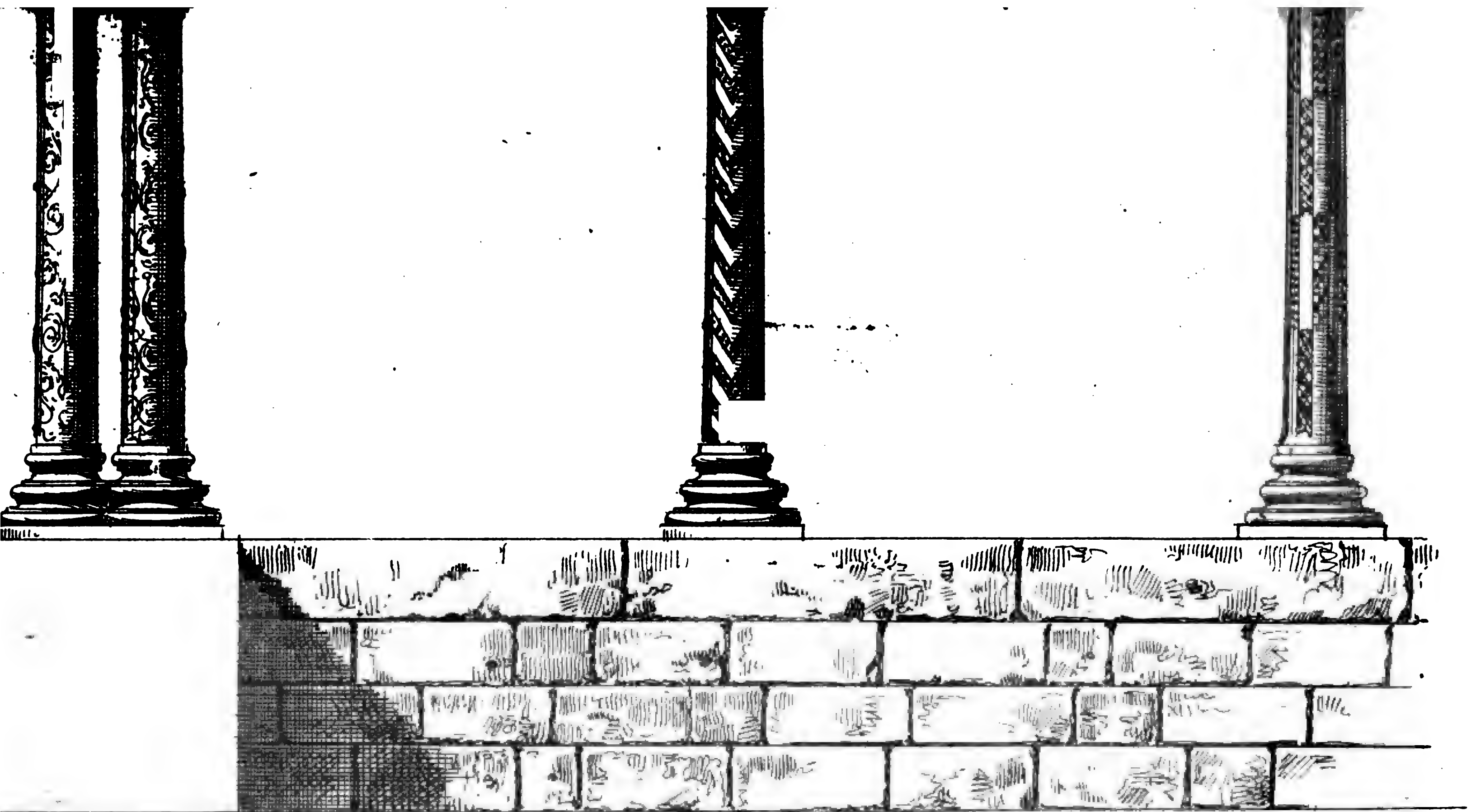




CHIOSTRO DI MONREALE

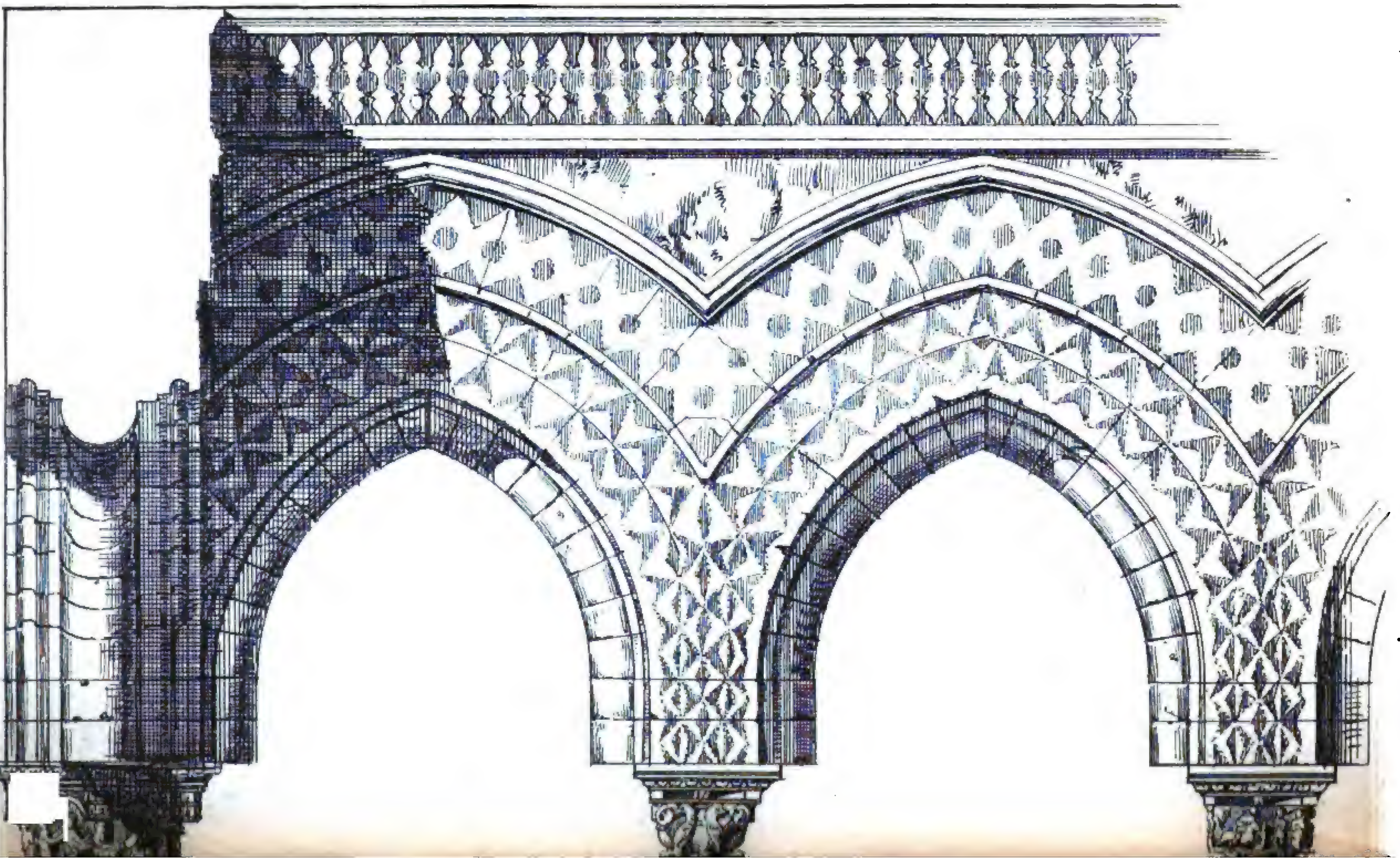
Scala di 1 : 20





CHIOSTRO DI MONREALE

Scala di 1 : 20





CHIOSTRO DI MONREALE

Scala di 1 : 20

sta tagliato senz'altro all'altezza dell'abbaco. Questa pare una così enorme sconcezza al Gravina, ch'ei non sa darsene pace. In oltre le colonne son di materia diversa da quella degli archi; l'incastonamento, che forma le ghiere, i due cordoni, che formano il doppio archivolto, e le altre cornicette orizzontali, che chiudono il fregio, son guasti, rosi dal tempo, mentre le colonne si conservano bene; in fine il quarto corso del basamento è d'altezza diversa dei corsi inferiori. Per tutto ciò il Gravina conclude, senza dubitar punto, che le colonne furono rimesse poi. Ma come si può egli pensare che gli architetti di re Guglielmo abbiano voluto darsi la briga di puntellare più di cento archi, per demolirne i sostegni, i quali non dovevano essere nè più guasti nè men belli della parte superiore? Come si può egli credere che nel porre tanti puntelli non si fosse sconnessa in moltissimi luoghi la costruzione, tutta ornata di intarsii, massime che il tondo cordone e gl'incavi e i listelli dell'intradosso rendono difficile l'applicazione esatta delle armature? È egli verosimile che, volendo rimettere in un edificio la parte che richiedeva più lunga, più delicata, più immaginosa opera, s'intendesse conservare la men costosa e difficile? E le colonne, sì variamente ornate, palesano forse il bisogno di risparmiare tempo e quattrini? Il fatto è che le ragioni statiche non solo, ma le ragioni artistiche stanno contro la supposizione del Gravina. Il lettore potrà giudicar di codesto guardando la tavola unita qui; potrà considerare la forma estetica, ed il carattere archeologico di quelle arcate. Agli occhi nostri, purchè ci si ponga con la fantasia nel medio evo, non apparisce la benchè menoma disarmonia, anzi tutto è acconcio allo stile, a quel modo di bellezza. Noi non abbiamo bisogno di dimostrarlo; giacchè in tali cose l'occhio è giudice supremo. Ma vogliamo dir nondimeno che l'ingrossarsi de'piedritti sulle colonne è carattere generale dell'architettura bizantina, dell'araba, della siciliana; e se qui un cordone scappa fuori, restando senza sostegno, ciò neanche è nuovo, poichè si trova in parecchi edificii di quello stile contemporaneo od anteriore al chiostro di Monreale, il quale stile è detto lombardo, romanzo e persino normanno. Ma senza cercare nel settentrione, potremmo trovare nei chiostri di Roma, della campagna romana, del napoletano, della Sicilia stessa esempii perfettamente conformi, se non nei particolari, almeno nell'indole architettonica. Il chiostro attiguo alla chiesa detta della Maggione, quello unito alla cattedrale di Cefalù, ed alcuni altri dell'isola si palesano per la loro notevole somiglianza col chiostro di Monreale contemporanei ad esso.

In verità la ornamentazione degli archi s'acconcia perfettamente alle colonne. Il sesto acuto, alzato sopra i piedritti verticali, compie benissimo le linee dei sostegni, a' quali la larga base e l'alto capitello, terminante nell'ampio abbaco, danno, ad onta della esilità del fusto, una maschia apparenza. E poi l'architettore non senza un grave perchè ornò ad intarsii di due diversi colori i doppii archivolti ed il fregio; non senza un grave perchè si contentò di sottili cornici e pochissimo sporgenti. Egli mostra di avere conosciuto quel fatto, dal quale gli architetti del palazzo ducale e d'altri edificii contemporanei in Venezia seppero trarre occasione ad una stupenda e singolarissima maniera architettonica; cioè, che le masse, quando non sieno aombrate da forti aggetti, ma invece rotte con formelle piane di diversi colori, tanto si alleggeriscono alla vista, da poterle, senza niun danno della solidità apparente, anzi con grande vantaggio della bellezza e della convenevolezza, piantare su sottili colonne o su snelli pilastri. La stessa rozza semplicità del basamento conferisce all'armonica composizione di codesto portico di Monreale; e, in vero, tanta ne è l'unità da non potere in verun modo supporre che sia stato costrutto in due epoche diverse. Ma il contrario pare invece sì evidente al Gravina, ch'egli dà, in riscontro del rilievo, il disegno del restauro immaginato da lui per la parte inferiore delle arcate. Se non che tale restauro è al tutto opposto all'indole del medio evo: non si poteva trovarne uno più vignolesco. Figuratevi ch'egli fa scender giù un pilastro uguale al piedritto e ornato dalle stesse incastonature, poi, sotto a' cordoni, fa sporgere due colonnine a spirale. La cosa è semplice, ma scipita; Dio ci perdoni se nel XII secolo potè mai fermarsi nella mente d'un architetto. Insomma, se qualcosa ci sembra difficilè a spiegarsi in questo chiostro di Monreale, è unicamente la meravigliosa varietà nelle colonne, le quali però il Gravina stesso non può non dichiarare de'tempi normanni.

Ma s'egli non si fosse lambiccato il cervello a provar che la parte superiore esisteva prima delle colonne, tutto l'edificio delle sue argomentazioni bizantine andava a catafascio. E' lo puntella col chiostro, ragionando così: tutte le parti della chiesa di Monreale, che sono incastonate di marmi varii e che somigliano agli archi del chiostro, sono, come questi, anteriori alla dominazione normanna. Appartengono dunque a quella prima epoca: 1.° la parte inferiore delle torri, che stanno a' lati del prospetto, e che mostrano per solo ornato un largo fregio ad intarsii; 2.° i fianchi delle navi minori, dove si vedono finestre con larghe fascie, unite

insieme da arcate ornamentali, in cui corrono de' fregi e stanno de' cerchi a formelle geometriche, il tutto, come la fascia all'alto, incrostato a colori; 3.° le tre absidi, che si possono dire tutte una tarsia. Queste absidi basterebbero a mostrare il tipo dell'architettura siciliana del medio evo: il primo piano della loro decorazione è formato di fascie ad arco acuto, poco sporgenti e semplici, intrecciate fra loro, e contenenti in ciascuno degli scomparti altri archi minori; il secondo piano è pure formato di archi acuti ad alto peduccio, i quali, intrecciandosi, producono degli archi anche più snelli, in cui stanno chiuse delle fascie arcuate meno aguzze. Gli archi poggiano su colonnine corte, sporgenti dal muro, e piantate su pilastri o piedestalli assai lunghi. Piedestalli, archivolti, pareti, tutto è diviso a fascie geometriche, a cerchi, a fregii di due tinte. Un fregio di tal fatta corona le absidi minori, e gira sull'abside principale; ma in questa serve di basamento ad un terzo ordine, similissimo al secondo in ogni cosa, salvo nelle colonnette, che sono ancora più brevi, e nei peducci degli archi, che sono ancora più lunghi. Un fregio intarsiato ed una cornicetta sottile a mensole, coronano finalmente quest'abside maggiore, la quale è, con le laterali, una mirabilissima opera d'arte.

Qui conviene, per giustizia, notare, che le opere intarsiate corrispondono per l'appunto alle parti della costruzione murale ad *opus incertum*, che il Gravina giudicò già anteriori al XII secolo. Epperò egli colloca nella prima epoca anche il muro della crociera, benchè privo di ornati. Rimangono quindi da riferire alla seconda epoca le restanti parti della chiesa a costruzione regolare, cioè: i pezzi superiori delle torri, con bifore a larghe fascie; i fianchi della nave maggiore, coronati da una cornice a semplicissimi archetti rotondi, sporgenti su mensolette; in fine l'esterno muro del coro, oltre le due scale delle torri, che prima, dice il Gravina, dovettero essere collocate nel fondo delle navi minori. Un'osservazione, che non ci pare senza importanza, è questa qui: le finestre delle navi laterali sono squarciate verso l'interno, quelle invece della gran nave non sono squarciate punto.

Or ci giova ripetere che le parti più vecchie della chiesa di Monreale, cioè quasi tutto, giacchè formano la pianta, l'alzato sino all'altezza delle navatine, la crociera e le absidi per tutta la loro elevazione, tanto somigliano agli altri edificii del gruppo architettonico siciliano, da dovere ammettere che l'età in cui fu costrutto il Duomo di Monreale è l'età appunto in cui furono

costrutti gli altri monumenti. Per esempio, chi confronti le absidi di Monreale con quelle della cattedrale di Palermo non può non ravvisare tra esse una compiuta fratellanza di forme: in queste gli archi sono a basso rilievo, il cornicione più ricco di fregi, di archetti, di nicchiette e di merlature ondeggianti, ma lo stile è ad ogni modo identico. E se lo sa il Gravina; al quale importa sopra ogni altra cosa mostrare che il Duomo di Monreale è anteriore a' Normanni di Sicilia, poichè vede che, potendo dimostrar ciò per esso, la dimostrazione si estenderebbe a un tratto a tutti gli altri edifici consimili. Ma i caratteri e la fisonomia architettonica di tutti que' monumenti si ribellano, come vedremo poi, a tale dimostrazione; vi si ribellano pure i sani raziocinii storici, benchè le argomentazioni dell' abate cassinese meritino di essere parzialmente combattute. L'unica fortezza che, al parer nostro, possa resistere un pò', è quella delle ragioni statiche. Ma non può egli essere che, se in un edificio si trovano alcune parti costrutte in un modo, altre in un altro, ciò venga dall' avere l'architetto medesimo cambiato nel costruire sistema? Non può egli darsi che, visti i difetti dell' *opus incertum*, vi si abbia sostituito la muratura di pietra a corsi orizzontali? Quando in un monumento si rinvengono parti che si riferiscono evidentemente a due maniere artistiche diverse, allora non può nascere dubbio che quelle parti vengano da epoche distinte; ma quì nulla s'oppone al successivo, forse al simultaneo o contemporaneo impiego di due maniere di costruzione, di cui l'una non esclude l'altra. Tutt'al più — largheggiamo — si può dire che l'una abbia preceduta l'altra; ma non si può punto arguirne che l'abbia preceduta di molto. Voglionsi altre prove per far risalire l'architettura siciliana al VI secolo; e il Gravina crede trovarle nella storia.

Ma ne' diplomi, per quanto sieno chiari ed autentici, il nostro autore non ha fede; preferisce credere alla leggenda ed alle asserzioni degli scrittori. Un picciol fatto e neanche sicuro alcuna volta gli basta. Gregorio il grande, per mo' d'esempio, fondò in Sicilia sei monasteri della regola di S. Benedetto. Uno fu detto il Lucusiano, ossia il boschereccio, e par che non fosse lungi da Palermo. Or si sa che sul colle, detto poi di Monreale, v'erano boschi, dunque la chiesa ed il monastero di cui ci occupiamo furono alzati da papa Gregorio. L'argomentazione, in verità, zoppica un poco, massime che tutto intorno a Palermo v'erano boschi, e che gli scrittori siciliani cercarono sinora il luogo del Lucusiano nel terreno del Parco nuovo. Che sieno spariti, nonchè i solidi avanzi, i vasti ruderi del monastero, non ci pare punto incredibile. Gre-

gorio I non fondava edificii, che dovessero per la saldezza e per la pompa delle costruzioni passare a' tardi nepoti; piantava i monasteri in Sicilia dopo che fu prefetto, ma prima di essere papa, mentre se ne stava in un chiostro di Roma, dove istituì intorno all'anno 575 un monastero soltanto. Non si sa se Silvia, madre di Gregorio, fosse siciliana, non si sa se possedesse beni nell'isola; anzi è noto che Gregorio era di famiglia romana, che nacque a Roma, che fu amorosissimo di quella sua patria. Fondò del proprio i monasteri in Sicilia, perchè gli parve che l'isola fosse luogo acconcio ad apprestare in quelle guerre, in que' torbidi continui del VI secolo un asilo sicuro alla chiesa, ma per la Sicilia non apparisce punto che avesse un amore speciale. Se vietò che fossero ammesse ai voti monastici le donne prima dei sessant' anni, età in cui solamente cominciavano ad essere salve dalle seduzioni dei preti, limitò peraltro la libera scelta nei matrimonii dei coloni, e mantenne nell' isola la schiavitù. Quanto a' suoi monasteri, ben lungi dallo spendervi per l'onore dell'arte, intendeva con essi a crescere il frutto del patrimonio papale, acciocchè meglio si potesse difendere Roma dalle incursioni dei Longobardi. Molti erano del resto, durante il VI secolo, i possedimenti delle chiese del continente in Sicilia; v'ebbero fondi e masse quelle di Roma, di Ravenna, di Milano. Strettissime relazioni corsero tra Roma e l'isola anche dopo che i Longobardi ebbero diviso l'Italia in due parti, una per loro, l'altra pei Bizantini. Raccontano che nel VII secolo i monasteri siciliani rivaleggiassero con quelli della città eterna; e certo furono papi Siciliani o educati in Sicilia sant'Agatone, San Leone, Conone, Sergio, Stefano. Le cose per altro mutarono indirizzo quando l'amministrazione fu portata a Costantinopoli, e però furono sviati i commerci con l'Italia per annodarli dall' altra parte. Innanzi alla metà dell' VIII secolo gl'imperatori d'oriente confiscarono il patrimonio papale in Sicilia, persuasero poscia i vescovi a staccarsi dal pontefice di Roma e ad obbedire al patriarca di Costantinopoli; e allora l' isola diventò tutta bizantina, misera, fiacca. Ma, non ostante questa cultura cattolica della Sicilia, non è a credere che le descrizioni de' pomposi edificii monastici, serbate a noi dai Benedettini del XII secolo, sieno da tenersi articoli di fede. Per cavare a'potenti danaro, donazioni, privilegi, favori, per eccitare il popolo al culto de' frati ed alla cieca fiducia ne' ministri di Dio, inventarono sulle incursioni degli Arabi fandonie incredibili, credute alle volte anche adesso. Certi papi e i venerandi abati di Monte Cassino si fecero complici nel falsificare documenti, nell'ideare e propalare false leg-

gende. Misero fuori nomi di nuovi martiri, di nuovi suppliziati de' loro; ma sopratutto insistettero nel descrivere le depredazioni degli enormi possedimenti di lor monasteri e di lor chiese, depredazioni commesse dai Saraceni nell'anno 903, nel 669 o prima. Falsarono senza vergogna nomi, date, fatti, ogni cosa.

In tale matassa di errori premeditati, la storia si è talvolta smarrita; non sono molti anni che va pigliando la buona consuetudine di muoversi coi piedi di piombo, per non essere presa nei lacci. Ma, tornando alla nostra chiesa ed al nostro convento di Monreale, niente ci obbliga a credere: 1.° che Gregorio il grande abbia costrutto un monastero lì; 2.° che i monasteri alzati da quel Santo sieno stati ricchi e grandiosi e importanti nell'arte; 3.° che ce ne siano rimasti alcuni in piedi, o ruderi, o vestigia.

A chiarire quest'ultimo punto ne conviene rammentare che alla metà dell' XI secolo — e lo dice nella sua bella storia l'Amari — appena restavano in Sicilia sei monasteri con frati e di che vivere. I Saraceni non furono infatti cortesi conquistatori. Sbarcarono la prima volta l'anno 652 nell'isola in pochi, guidati da Móâvvia-ibn-Hodeig, che aveva conosciuto il profeta e perduto un occhio nella spedizione di Nubia. Scacciati fiaccamente dall'esarco, ch'era eccitato dal papa e soccorso de' suoi danari, fecero vela, portando via sulle coste di Siria bottino, prigionieri e fanciulle. Tornati, diciasette anni dopo, da Alessandria su dugento navi, ripartirono scorso un mese con le solite prede e con tesori di chiese e di monasteri. Ma il conquisto della Sicilia non si può dire principiato se non nell'anno 827. Era l'esercito Arabo di settecento cavalli e diecimila fanti, il navilio di settanta o cento navi; capitano Abu-Abd-Allah-Ased-ibn-Forât-ibn-Sinân. Costui, settuagenario, giureconsulto, un dì a certi rivoltosi aveva detto: *Io sono Ased* (leone) *e quale belva non cede al leone? Figlio sono di Forât* (Eufrate) *nè altro fiume ha miglior aqua. L'avolo mio era Sinân* (lancia) *e questa è fra tutte le armi fortissima.* Sbarcarono a Mazara. Presero questa e Mineo. Pareano vinti dai Bizantini quando vennero loro aiuti dagli Arabi di Spagna e d'Africa. Assediarono allora Palermo, che si difese fino all'831, arrendendosi quando i suoi settantamila abitanti erano, è fama, ridotti a tremila. Pensate ora un po' che cosa dovettero fare in tanto tempo quelle orde di Musulmani prima e dopo la resa, entro e fuori di Palermo. Certo il colle di Monreale dovette essere corso e ricorso dai giannizzeri audaci; e se v'erano lì dianzi una chiesa ed un monastero le zampe de' cavalli dovettero in breve calpestarne le ruine. Nell' 839 ed 840 si arrendono a' Musulmani, a

patti, Platani, Caltabellotta, Corleone e le Grotte. Nell'842 ed 843 espugnano Messina e Alimera. Nell'845 prendono Modica; nell'846 ed 847 Lentini; nell'848 ed 849 Ragusa siciliana; dall'854 all'857 Gagliano e Cefalù; nell'859 Castrogiovanni; nell'864 ed 865 Noto e Scicli; nell'866 Troina, Ghirân, di nuovo Noto e Ragusa. Battuti prima i Musulmani dai Bizantini, sconfitti poi i Bizantini dai Musulmani nelle acque di Milazzo, la Sicilia diventa araba al fine, l'anno 895. Nell'878 già era stata distrutta Siracusa; nel 902 Taormina soccombette al più feroce uomo che sia mai regnato sui seguaci del Corano. Ibrahim-ibn-Ahmed nel suo regno d'Affrica faceva uccidere tutte le figliuole che gli nascevano, alle mogli e concubine mozzare il capo o, se incinte, sparare il ventre; inventava strani e atroci supplizii; trafiggeva di sua propria mano centinaia di uomini, di donne, di fanciulli, cercando con quieto sguardo fra le costole la via del cuore; univa alla più efferata crudeltà il dileggio, facendo a' cristiani portare una toppa bianca con la figura dipinta d'un maiale, agli Ebrei con quella di una scimmia. Abdicò senza lasciare al figliuolo la signoria di Sicilia; sbarcò nell'isola; mosse contro Taormina; spezzò le sue porte; ordinò l'eccidio. Poich'ebbe fatto incendiar la città, ed uccidere persino i chierici, le fanciulle, i bamboli, fe' dar la caccia nelle foreste e ne' monti ai fuggitivi, e, pigliati, li fe' insieme a Procopio vescovo della città trucidar tutti ed ardere; poi s'alzò mormorando: *così sia consumato chi mi resiste.*

In tali vicende è dato supporre molti conventi bizantini, per non dir tutti, cadessero in ruina. Alquante chiese si poterono invece salvare, sì perchè i Musulmani erano abbastanza tolleranti in religione, sì perchè molte basiliche cristiane diventarono a un tratto moschee. Già nell'Affrica occidentale, poco tempo dopo che gli Arabi ebbero occupato Barca, Tripoli, Zuâgha, s'era visto un rapidissimo mutar di chiese in templi maomettani; e già al cadere del VII secolo s'iniziavano quei Saraceni all'amore dell'arte, costruendo edificii, ch'erano prima d'argilla e di canne, in pietra ed in marmi, e adoperando nel fabbricare gli artefici e i modi dei Cristiani dell'Affrica propria. Per la Sicilia, per Palermo stesso, Abu-l-Kasen-Mohammed-ibn-Hankal, di cui ci resta la relazione del suo viaggio nell'Isola, ne avverte che in codesta città v'erano nel 973 cinquecento moschee, tra pubbliche, private, o appartenenti a corporazioni musulmane. Non è dubbio che un buon numero di esse fossero basiliche trasformate al culto dei conquistatori.

Ma se cotale trasformazione dovette giovare a salvar dalle

mani arabe l'ossatura di molte chiese cristiane — e diciam l'ossatura, poichè nella forma di alcune parti e massime nella decorazione subirono certo grandissimi mutamenti — dovette cotale trasformazione essere invece di gran danno a quegli edificii, allorchè i Normanni, alla lor volta conquistatori, s' accesero di sacro zelo contro i monumenti degli Arabi in Sicilia. La guerra normanna distrusse quest' arte, già lodata per lo splendore; e re Ruggero, che tanto contribuì a tale opera di ruina, ricorda *i vasti e frequenti ruderi delle città e castella saracene e de' magnifici palazzi.* Or egli è evidente che le moschee dovettero essere le prime costruzioni buttate a terra, e che i soldati Normanni non poterono cercar negli archivi se qualcuna di esse era stata, un secolo o due secoli addietro, chiesa cristiana. Così le crudeli vicende, a cui andò soggetta per tanti secoli l'isola di Sicilia, spiegano con sicura evidenza lo sparire in essa di due arti, la bizantina e l'araba. Quanto all'arte romana, dovette fiorirvi poco: al principio dell'êra la Sicilia fu squallida; vi divampavano le guerre servili, massime a' tempi dei trenta tiranni, poi quando la sede dell' impero passò a Costantinopoli e ripassò in Italia. Anche il poco d'arte romana soggiaque ai barbari. Se Alarico non giunse in Sicilia, Genserico all' incontro la depredò, cedendola poscia ad Odoacre, il quale vi regnò quattordici anni. Non v'andarono gli Eruli; ma vinto Odoacre dagli Ostrogoti, Teodorico resse l'isola umanamente, benchè ariano. L'ultima incursione de' barbari del settentrione fu quella di Totila, alla metà del VI secolo.

Due arti restano ad ogni modo alla Sicilia, bastanti alla sua gloria: la greca e la normanna, siciliane entrambe. Della greca s'ammirano vestigia imponenti, che la solidità della materia e la semplicità delle forme salvarono dagli insulti degli uomini, del tempo, de' terremoti. Segeste, Selinunte, Agrigento, Siracusa bastano a restituire nella fantasia le splendide culture della Sicilia antica.

Ma veniamo di nuovo al Gravina, dal quale, perchè non andiamo d'accordo seco lui, s'arrischia di scostarci, nel ragionare, un po' troppo. Attribuita a Gregorio il Grande la fondazione e la costruzione della chiesa e del monastero, detti allora de' santi Massimo ed Agata, asserisce l'autore nostro che i Saraceni posero a ferro e a fuoco, al solito, il convento e la basilica, e ciò, non sappiamo il perchè, nell'820. Perirono allora con le pergamene, le memorie della fondazione. Dai Normanni il bosco fu ridotto a parco per le caccie reali, e sul cenobio Ruggero re alzò un magni-

fico palazzo, introducendo nel vecchio chiostro dell'acqua abbondante, di cui il come entrasse ed il come uscisse era ignoto. Questo palazzo, destinato a' riposi del re e del suo seguito di cacciatori, è in realtà costrutto dal Gravina medesimo sul fondamento di qualche parola di Romualdo di Salerno, cronista della metà del XII secolo. E il Gravina vede i resti di quel palazzo nel braccio a mezzogiorno del monastero presente. Somiglia un po' al palazzo della Zisa; il muro esterno mostra de' grandi archi acuti a basso rilievo, in cui stanno inscritte delle bifore con colonnina centrale, sulle quali bifore s'aprono de' fori ad archetti, mentre sotto ai grandi archi acuti corre una larga fascia intarsiata; il muro interno mostra de' lunghissimi archi, in gran parte pieni e diroccati. Il braccio di ponente è all'incontro giudicato dal nostro autore per opera della prima epoca, cioè del secolo VI. Ma quel palazzo da caccia parve a Guglielmo il Malo, ottimo luogo a nascondere i tesori della spogliata Sicilia: tesori che il figliuolo di lui trovò e impiegò nel restaurare la dimora dei monaci, e massime il tempio, che volle coprir di mosaico nell'interno e nel portico, ed il chiostro, nel quale sostituì a'vecchi pilastri le colonnine binate, di cui abbiamo discorso. Il monastero, dònato allora a' Benedettini, prese il novello nome di S. Maria la Nova, e, tolti i boschi, non ebbe più verun diritto ad essere chiamato il Lucusiano.

Su tutto ciò non avremmo nulla a ridire se la soda storia ce lo confermasse. Ma, quando noi vediamo che i diplomi non fanno alcun motto, e che i cronisti contemporanei, Romualdo Salernitano e Riccardo da S. Germano, non dicono parola de' tesori trovati e d'altre storielle così fatte, molto ci permettiamo di dubitar d'ogni cosa, salvo di quel che per prova certa si sa.

Ma al Gravina non giovava nulla di avere tracciata la sua storia, se non avesse aggiunto che re Guglielmo non rifece di pianta la chiesa ed il monastero, ma anzi serbò nel totale e questo e quella. Infatti la questione non istà punto sul luogo dell'edificio ma sulla pianta, sulle forme, sullo stile di esso. Ecco, si tira in campo la relazione di un viaggio che, regnante Guglielmo, Mahummed-Ebn-Giobair fece in Sicilia; nel quale viaggio è notato, che il re era signore di molti conventi nelle vicinanze della città di Palermo, perchè *li aveva adornati e dotati del suo;* — ergo, non li aveva fatti costruire. Non basta: il cronista benedettino, Riccardo di S. Germano, scriveva: « Considerando il re avere egli ricevuto da Dio ogni sua felicità, e che la sorte lo aveva reso senza figliuoli infelice, pensò, uomo di senno, per placare Iddio sapientemente, e rendere fecondo ciò ch'egli aveva fatto

sterile, pensò dei *suoi* tesori *edificare* per sè una casa in Monreale, ad onore della gloriosa Vergine madre di Dio, la quale arricchì, ornò ed aumentò. Arricchì con possessioni, ornò con ornato d'oro, ed aumentò con opera musiva e col diverso colore di preziose pietre ». Il re fece fare dunque i mosaici e le incastonature dei marmi, bene sta; ma, ripiglia il Gravina, non ha fatto costruire gli edificii. Di grazia, un momento; rileggiamo il periodo del cronista benedettino. E' dice che il re dei *suoi* tesori — e però non de' tesori trovati — pensò *edificare* per sè una casa in Monreale; e a quell'*edificare* gioverebbe badarci. Ma il Benedettino casca in un grosso strafalcione benedettino, benchè, senza dubbio, innocente. Ascrive egli al desiderio di Guglielmo d'aver figliuoli ed al volere esso implorar da Dio che *rendesse fecondo ciò ch'egli avea fatto sterile,* la edificazione della chiesa di Monreale; ma la chiesa fu principiata un po' prima del 1174, e il re, giovanetto ancora, non isposò Giovanna d'Inghilterra se non nel febbraio del 1177.

Or non è egli forse più semplice, più schietta, più ingenua cosa se vuolsi, ma più sicura, il tenersi a' diplomi, che parlano sempre di *fondare, principiare, edificare, costruire?* il tenersi parimente alle iscrizioni, alle epigrafi, che risguardano gli edificii del medio evo in Sicilia? Dice il Gravina come la vanità dei re facesse che adoprassero quelle parole per accrescersi merito; ma che, in fondo, dov'è detto fondare o costruire od altro, s'abbia a intendere solo dotare o restaurare od ornare. Vanità misera sarebbe stata, e tale da non ingannar allora nessuno; e poi avrebbe avuto a complici tutti, papi, arcivescovi, persino que' Benedettini, a cui tanto importava d' invecchiar la storia de' loro monasteri per poterla gonfiare.

Argomenta ancora il Gravina così: se il Duomo ed il monastero di Monreale son di due epoche diverse e la seconda corrisponde a re Guglielmo, la prima dev' essere anteriore a' Normanni di Sicilia. Or se questa è anteriore a' Normanni, dev'esserlo pure agli Arabi, che non avrebbero nè costrutto nè lasciato costruire quegli edificii evidentemente cristiani; e se è anteriore agli Arabi dev' essere dell' età bizantina, anzi del VI secolo. Qua l'ordine logico scatta un pochino. Non si sa capire perchè il Gravina abbia voluto spingere fino al secolo VI il gruppo glorioso degli edificii siciliani, quando il conquisto arabo non cominciò davvero che al principio del IX. Poteva, ci pare, accontentarsi dell' VIII. Anzi solo alla metà del settecento la Chiesa di Sicilia s'assoggettò al patriarca costantinopolitano; solo in quel secolo gl'imperatori bizantini avevano, oltre l'isola, Calabria, Terra

d'Otranto e la signoria nominale di Venezia, di Napoli, di qualche altra città della costiera. Tutto, è vero, sfuggì lor di mano in brev'ora; nella seconda metà dell'VIII secolo già, vedendo di perdere la Sicilia, l'afforzavano tutta col rizzare castella sopra ogni roccia atta a difesa. Ma se si vuol trovare florida pace nell'isola in che tempo bizantino s'ha ella a cercare mai?

A Belisario, che portò la dominazione bizantina in Sicilia, con dieci mila uomini al più, in poche settimane, ed entrò in trionfo a Siracusa l'anno 535, il Gravina si compiace di far presente di alcuni edificii. Che Belisario, grand'uomo a ogni modo, si desse, come dice Procopio nella sua *Storia segreta*, ad una profonda avarizia, per cui *quasi tutti gli Italiani, i Ravennati, i Siciliani e quanti altri la fortuna gli diè in potere, crudelmente spogliò, multandoli, non so con che diritto, perfino de' pensieri dell' antecedente vita*, non vogliamo credere al tutto; ma egli, che pendeva dall'arbitrio della moglie Antonina, adultera, crudele, astutissima, senza vergogna di sorta, figlia di un auriga e di una donna che prostituiva la sua pudicizia nel postribolo, seguente da prima anch'essa quella vita di dissolutezza, ond'aveva *presa pratica si delle arti segrete di tal condizione, come di quanto poteva mai fruttarle guadagno* e aveva avuto già prima di sposarsi parecchi figliuoli — egli, Belisario, non doveva nell'isola avere avuto tempo, voglia e devozione da costruire grandi e magnifiche chiese, vasti e ricchi monasteri. Se il marito di Antonina abbia fondato una basilica in Messina il 535, una in Siracusa, una in Palermo, non c'importa di ricercare; ma certo non è punto vero che la Sicilia, nè allora nè poi, prosperasse sotto i Bizantini. Il governo era avido, ingiusto, dissoluto; il popolo fiacco. Certo non prosperò nemmeno quando Costante vi portò per sei anni la sede dell'Impero. Quell'imperatore, il quale s'era mosso contro a dugento navi arabe con settecento o mille; e fu rotto; e fuggì; e, tornato a Costantinopoli, trucidò il fratello, onde fu poscia sempre inseguito dallo spettro di lui, che, porgendogli una tazza piena di sangue, gli gridava *bevi, fratello;* e venne in Italia, a Roma, incalzato dai Longobardi; e si ridusse coi tesori e con tutta la corte a Siracusa: quell'imperatore, odiato dal clero e dal popolo di Sicilia, confiscò le cose sacre dei templi, pose alla terra gravezze enormi, intollerabili, sicchè quando venne, il dì 15 luglio del 668, ucciso nel bagno, fu una universale esultanza, ed i soldati, gridato imperatore Mizize, giovine, armeno di nascita, poi, abbandonatolo, esaltarono imperatore Costantino, figliuolo di Costante, che tornò tosto alla sua capitale. Certo la Sicilia non prosperò poi,

quando servì di scala alle spedizioni de' Bizantini per riprendere l'Africa. E chi confronti l'isola sotto il governo di Costantinopoli con l'isola sotto il governo della corte Kelbita dee persuadersi che i Musulmani erano meglio de' Greci, e la terra sotto quelli più vivace e più florida.

Al Gravina per punto di partenza della sua teoria, il Duomo di Monreale non bastava; aveva bisogno d'un altro edificio. Scelse la cattedrale di Palermo. S'è mostrato che questa chiesa, atterrata la vecchia, fu costrutta il 1185 da Gualtiero Offamilio. Se fosse bisogno di una ragione per chiarire che il nuovo edificio non ha niente a fare col primo, basterebbe citare questo fatto soltanto: l'arcivescovo al fine di conservare durante i lavori le tombe dei primi re, collocate nella cappella di S. Maria Maddalena, ch'era stata edificata da Alvira, moglie al re Ruggiero, e che doveva essere demolita per dare luogo alla novella cattedrale, fece alzare una chiesa, la quale intitolò parimenti a S. Maria Maddalena, e nella quale fece trasportare gli avelli. Se si fosse trattato di un semplice restauro o di alcuni lavori d'ingrandimento o di ornato l'arcivescovo avrebbe, ci sembra, potuto custodire al posto loro le tombe. Per il Gravina fu ad ogni modo il Duomo di Palermo alzato nell'anno 590, poi ridotto a moschea, poi da Ruggero conte fatto ribenedire, poi dall'arcivescovo, sotto Guglielmo II, *restaurare*. Le parti insomma che in quella cattedrale somigliano alle parti che nel Duomo di Monreale il Gravina giudica del VI secolo, sono del VI secolo pure. Or le piante appaiono quasi uguali; le absidi — e lo abbiam detto — similissime; lo stile identico: non si può di certo sbagliare, i due edificii sono contemporanei.

Manco male che il Gravina non tiene per opera bizantina anche i campanili della cattedrale di Palermo. E, al proposito di questi, ci bisogna registrare qui un' opera, che ci dimenticammo di porre colle altre in testa al presente scritto. Fu pubblicata quest'anno a Vienna, dagli architetti Becker e Förster, nella stamperia dell'*Allgemaine Bauzeitung*, ed ha per titolo *Die Cathedrale zu Palermo*. Sono otto tavole in cui stanno disegnati a contorno i campanili anteriori di quella chiesa; una veduta prospettica; una pagina di illustrazione. O noi c' inganniamo di grosso, o chi guarda que' disegni deve fare uno sforzo di fantasia per ispingere i campanili sino al XII secolo, massime per la metà superiore. Le colonnine agli angoli; i grandi archi acuti, a larghe ghiere e larghe fascie intarsiate, con cornice d'impostatura; i fregi ad archetti rotondi, che s'intrecciano posando su colonnette sporgenti, sorrette da mensole: le cornici; i fregii incastonati di marmi; le bifore ad

arco o ad architrave, con colonnine in mezzo in forma di cordoni dritti e torti in spirale; le pareti ornate ad intarsio o con modanature sporgenti a spina; il finimento di quattro timpani su quattro trifore, con agli angoli quattro pinnacoli pieni e in mezzo una guglia ottagona: tutto ciò ha sapore archiacuto, misto innegabilmente d'un pocolino d'arabico. E neanche può apparir bizantino, tra le altre parti della chiesa, il cornicione che ne corona la nave maggiore. È composto di larghe fascie: una ad intarsio, l'altra scompartita da una specie come di mensole rovesciate e schiacciate; poi vien su la cornice ad archetti acuti, piccoli, aventi all'intorno de' lobi a conchiglia e sorretti da teste, poi un cordone di poche modanature e, campeggianti nel cielo, i merli acuti.

Or dunque il Gravina, provveduto di queste due cattedrali di Palermo e di Monreale, procede con sicuro passo nella storia degli altri edificii. Si somigliano, in vero, siffattamente, che se fosse possibile convincere dell'antichità, nonchè di due, di uno solo, il resto del raziocinio correrebbe da sè. Dell'epoca bizantina, *perchè hanno i caratteri del Duomo di Palermo e di quello di Monreale*, sono, al dir del Gravina, i seguenti edificii. Il S. Marziano a Siracusa, di cui la porta di ingresso mostra un arco aguzzo a base assai larga, tanto rozzo, *che si arguirebbe del V od anco del IV secolo*. Il S. Giovanni degli Eremitani a Palermo, ben conservato. Il S. Giovanni dei Leprosi presso Palermo, attribuito *falsamente* a Roberto Guiscardo e Ruggero conte. La chiesa di Maredolce e quella di S. Spirito, entrambe presso Palermo. La Martorana, che il Gravina toglie senza pietà all'ammiraglio. La Cappella palatina, che, secondo l'autore nostro, re Ruggero restaurò, vi fece forse soltanto il soffitto a stalattiti arabe, servendosi di artisti arabi, *com'era costume:* la Cappella palatina, che è anzi *anteriore al Duomo di Monreale*, perchè molti archi sono rotondi, e i quattro che sorreggono la cupola, non che i grandi della nave, leggermente acuti, ond'è che *vi si scorge una timidezza propria a tutti i tentativi d'innovazione in arte*, e dovette essere perciò — sentite questa, ch'è bella — *uno dei primi edifici eretti da Belisario*. La chiesa della Maggione a Palermo, che somiglia moltissimo a quella di Monreale, mentre i due chiostri sono quasi uguali. Il S. Francesco ed il S. Agostino, *che si direbbero appartenere al secolo XIV;* ma, perchè una colonna della prima chiesa porta una iscrizione in caratteri cufici, la quale suona: *Non est Deus sine Deus — Mahummed Apostolus Dei*, e perchè quelle due chiese furono credute da alcuni moschee convertite in chiese dai Normanni, il Gravina le dice chiese convertite in moschee e ri-

convertite in chiese. I palazzi della Cuba e della Zisa. La piccola Cuba a Palermo. Il S. Nicolò ed il S. Martino di Randazzo, e varie costruzioni di Taormina e di Siracusa. Finalmente la cattedrale di Cefalù. E su questa cattedrale fermiamoci qualche riga.

È ammirabile certo la disinvoltura con cui il Gravina tratta i diplomi, che mostrano evidentissimamente gli anni della fondazione, anzi il dì in cui fu posta la prima pietra dell'edificio. Non nega l'autenticità dei diplomi, non asserisce che il dir *prima pietra* sia come dire *restauro* od *ornamentazione;* ma esce con questa sentenza: *noi quindi crediamo che la cattedrale di Cefalù sia una delle prime costruzioni ove all'arco circolare bizantino fu sostituito l'aguzzo, che formò l'architettura sicula del medio-evo, da noi detta siculo-bizantina.* Eppure, lo vogliamo ripetere, documenti, cronache, leggende, tradizioni, tutti insomma i più sicuri e compiuti elementi della storia, concordano mirabilmente nell'attribuire a re Ruggero ed all'anno 1131 la fondazione della cattedrale. Citammo indietro alcuni dei documenti; qui vogliamo ricordar la leggenda, che si legge in un manoscritto del 1329, conservato nella cattedrale medesima. Ruggero, tornando un dì da Salerno in Sicilia, fu colto a un tratto da una orribile tempesta; che sbalzava il naviglio qua e là in balìa delle onde furiose. I marinai si davano per disperati, e già non sapevano più dove si trovassero in mare, quando il principe fece voto di alzar sulla spiaggia dove avrebbe approdato un magnifico tempio al nome del Salvatore. Fu il naviglio gettato sulla riva di Cefalù; e là il re, fedele al voto, alzò il monumento. Quanto poi al monastero, si legge nel libro dei privilegi della cattedrale, che re Ruggero, prima di andarsi a cingere a Palermo la corona, andò nel 1130 in Bagnara di Calabria a pregare que' monaci di S. Agostino di volersi trasferire a Cefalù, nell' edificio ch' egli stava erigendo. Il monastero fu quindi ricominciato forse un anno prima della chiesa. Ma che cosa risponderebbe il Gravina ad uno che ragionasse così: la chiesa ed il convento di Cefalù sono certissimamente del XII secolo; il chiostro, svariatissimo ne' capitelli, è quasi uguale a quello di Monreale, e la pianta della chiesa quasi uguale a quella del Duomo medesimo: perciò il Duomo ed il chiostro di Monreale sono del XII secolo? Sono anzi un po' più recenti della cattedrale e del monastero di Cefalù — e lo nota il Gravina — se si bada allo stile ed alla forma icnografica, meno eleganti in Cefalù e men geometrici.

Non foss'altro, il Gravina assente a re Ruggero alcune parti della sua chiesa votiva, cioè quelle che non possono non essere poste-

riori a lui, le crociere archiacute di alcune vôlte, nelle quali si scorge lo stile, *che fuor di Sicilia si svolse un secolo dopo.* Ma il Gravina vede molti clementi archiacuti non solo nelle parti, che confessa del XII secolo, ma altresì, anzi molto più, in quelle che crede del VI. Dice: *dietro tali e tanti documenti* (?) *che contestano* (sic) *l' uso generale dell' arco a sesto acuto fatto in Sicilia a cominciare dal VI secolo, pare che resti assolutamente confermato, che l' introduzione in Europa di quel genere acuminato, che prese nome di gotico, si debba a questo paese.* In un capitolo anzi paragona l'architettura aguzza del XIII secolo con l'architettura siculo-bizantina, e conclude: *Edifici veramente cristiani* (quei di Sicilia) *dappoichè al sentimento di elevarsi verso l' Altissimo fu sostituito quello del rispetto verso lo stesso, che ne frenò lo slancio, ne marcò la distanza!...... L'architettura del nord nella sua intemperanza, parve si fosse voluta appressare alla Divinità. La sicula seppe meglio tenere a briglia i suoi slanci, e si chiuse nel cerchio dovuto alla creatura, di ammirare ed adorare.*

Nè qui si ferma la gloria dell' architettura siciliana del VI secolo — del VI, al pensar del Gravina. Dopo aver magnificato i Siciliani e assai severamente maltrattato gli Arabi, nota che questi non ebbero prima di venire in Sicilia *che poche arti nei paesi conquistati, nessuna nel proprio;* e che però *non poterono no portare in Sicilia ciò che non avevano.* Nota anche come i monumenti degli Arabi si dividano in due classi, arabo-bizantini, ed arabo-moreschi. Il secondo stile si svolse dopo che i Musulmani dominarono la Sicilia, e se gli edificii di Spagna somigliano ai Siciliani, ciò viene dall'avere gli Arabi *portato in Ispagna il prodotto delle arti esercitate nell' Isola.* Vero è che i monumenti del Cairo somigliano ai siciliani anche più; vero é che nella moschea di Ebn-Touloun dell' 876 vi sono *tutti i caratteri dell'architettura siculo-bizantina, ai quali parteciparono tutte le posteriori costruzioni degli Arabi,* e che in quella moschea vedono molti storici dell'arte il primo apparire dell'arco acuto nel suo sviluppo *quasi completo;* ma convien notare peraltro che quel monumento *è posteriore di 48 anni all' ingresso degli Arabi in Sicilia.*

Nè ancora basta. Leggiamo alla pagina 36 questa nota: *Se la chiesa di S. Maria la Nova di Messina è dovuta a Belisario, allora le sue tre apsidi sarebbero anteriori di circa* 30 *anni a quelle di Giustiniano II, e la Sicilia fornirebbe l' esempio più antico di quella costumanza, che fu adottata in tutte le chiese, che corsero dal VI al XII secolo.*

Ecco dunque: la Sicilia inventò l' arco acuto; la Sicilia in-

segnò agli Arabi, insegnò a' Settentrionali, insegnò un poco ai Bizantini. Da quell'isola sarebbe uscita la più gran luce architettonica de' tempi moderni! A cotante esagerazioni il Gravina è venuto con serena coscienza. Sbagliato il primo passo, è corso giù giù senz'avvedersi punto dello sdrucciolo, e, credendo dominare le cime della logica, si cacciò per entro alla strettissima valle dell'errore. Non è fenomeno raro, neanche ne' dotti, neanche negli uomini d'ottimo ingegno e di severo animo, come il Gravina dev'essere. Ma perchè le contraddizioni sono la conseguenza e la riprova delle erronee teorie, il nostro autore vi cade alle volte da un paragrafo all'altro, dal testo alla nota. Mentre egli dice sull'architettura settentrionale ciò che abbiamo dianzi riferito, non si perita di osservare che: *Siccome i Goti erano grandi costruttori* poterono dare la prima spinta a disavezzare l'occhio de' Siciliani dall'architettura greca e romana, *e tirarlo alla grazia delle forme elevate e leggiere;* e in un altro luogo: *Venuta l'isola sotto il dominio dei Goti, la maniera ardita di costruire di questi popoli, e la non ordinaria elevazione a cui portavano le loro costruzioni, dovette senza meno fortemente impressionare gli animi; ma nessuna fabbrica a noi pervenne di quel tempo.* Vedete un po! i Vandali, i Visigoti, gli Ostrogoti possedevano un'architettura snella, leggiera, graziosa; erano grandi architetti; avevano, pare, costrutto in Sicilia secondo il loro stile, benchè non vi sieno stati che pochi anni a varie riprese, e non v'abbiano lasciato nè progenie, nè vestigio alcuno! L'errore par così grosso, che sarebbe impossibile a spiegare in un sì valente uomo quale è il Gravina, se non fosse una conseguenza della strana confusione fatta da lui dell'architettura siciliana del XII secolo con quella del VI, la quale più non esiste. Ha, con iscambio singolare, attribuito ai barbari del Settentrione lo stile archiacuto dei Tedeschi e dei Francesi del mille dugento.

Talvolta è il Gravina tratto quasi alla verità, contro sua voglia. Dov'ei conclude che i monumenti, i quali vanno in Sicilia *sotto il nome normanno*, furono bizantini *per l'insieme delle forme*, e per ciò che può chiamarsi *architettura madre;* arabi per le *modifiche secondarie* introdotte dai *Mori;* greci per la grandiosità dei membri, la gravità e l'ornato; normanni per l'importato *elemento della libertà;* siculi per la forma acuminata, le proporzioni e l'*innesto:* il Gravina s'accosta al vero. La parte di cooperazione che egli concede a ciascuno di que' popoli non è, ci sembra, esatta; ma almeno ammette di straforo che tutti abbiano contribuito a formare l'architettura siciliana. Senonchè il nostro autore non vuole intendere dello stile, ma degli edificii. Oh gran potenza de' restauri e

delle aggiunte, che avrebbero formato un' architettura, come i polipi il corallo e la spugna! Agli Arabi attribuisce il Gravina specialmente i soffitti ad archetti pensili, le volte, i pennacchi, gli arabeschi sostituiti alle figure, le piscine dei giardini e dei palazzi; dice che distrussero l'arte musiva e pittorica, dai Siciliani *profusa* nei monumenti eretti sotto i Bizantini; aggiunge: *il corso dell'analisi ci ha condotti al punto di poter dire ai nostri lettori: allorchè vedrete in Sicilia un monumento a cupola con nicchiette angolari ornate di pochi archi concentrici sporgenti, potete dire con sicurezza: ecco un monumento anteriore agli Arabi, un monumento siculo-bizantino.* Quanto a' Normanni, il Gravina nota che, venuti nell' isola, *l'architettura riprese le forme nazionali, nelle quali si può riconoscere la grandiosità della greca maniera.* Ma su quali edificii normanni il Gravina abbia portato le sue osservazioni noi non sapremmo dire, giacchè al parer suo tutti gli edificii del medio evo nell' isola son bizantini. Certo si fermò a' restauri, alle innovazioni, agli ingrandimenti, agli abbellimenti, che egli medesimo non può non riconoscere normanni.

Il distinguere nettamente negli edificii l'opera de' varii secoli e dei diversi popoli, non è cosa da pigliarsi a gabbo. Guardiamo, per mo' d'esempio, al Duomo di Monreale, ch'è certo uno degli edificii meglio conservati. A' primi anni di questo secolo era mezzo in rovina; mentre si accingevano a restaurarlo, nel 1811 bruciò, e l'incendio, tra i moltissimi guasti, distrusse lastre di marmo, colonne, vecchi sepolcri; dal 1816 si continuano i restauri con varie vicende, e già vennero rifatti su nuovi disegni nientemeno che i soffitti, le vetrate — ed una ne fu fatta a Milano, di sì stridenti colori, che si dovette poi togliere — parte delle incrostature de' marmi, parte dei mosaici, de' quali il Gravina, benchè rechi nelle tavole il disegno, pur dà un elenco non breve. Insomma dal 1816 al dicembre del 1859 furono in quei restauri spesi 431915 ducati, di cui 22989 per risarcire i mosaici. Ma questi assai recenti lavori, che non sempre giovarono a serbare lo stile del monumento, furono resi difficili dalle bestiali opere del XVII secolo. Molte cose in quel tempo furono barbaramente imbarocchite, tanto che, se per fortuna non restasse un *Inventario delle mura della madre Chiesa* del 1658, sarebbe impossibile raccapezzare oggidì la prima distribuzione liturgica dell'edificio, intendiamo quella del XII secolo. Ma tali restauri barocchi e moderni sono facili assai a scoprire; il male non istà, archeologicamente parlando, in ciò che fu aggiunto alla costruzione, ma in ciò che, per aggiungere, fu o guastato o distrutto.

Altra difficoltà ben più grave devono essere i restauri arabo e normanno, per chi tiene bizantino quell'edificio. Il dire che i Normanni ornarono la chiesa de' mosaici, della interna incrostatura in marmo, anzi rifecero al tutto i muri della nave maggiore, posero *forse* in essa nave le colonne di granito egizio con capitelli romani, sui quali stanno i dadi od abbachi, *ignoti all'architettura siculo-bizantina*, tolsero le scalette delle torri dalle navatine, alzarono delle torri la parte superiore, costrussero le muraglie del coro, aggiunsero al di dentro, *per comodo del re Guglielmo*, la solea, chiudendo i noni archi della navata e portando in essa i gradini del coro: il dire ciò ed altre così fatte cose non basta. Bisognerebbe dimostrare altresì: primamente, che quelle opere son dei restauri davvero; in secondo luogo, che non poterono essere fatte nè prima nè dopo i Normanni. Quanto a noi, le crediamo normanne; ma vedendole sì coerenti alla distribuzione ed allo stile dell'edificio, le crediamo altresì originarie. Veramente, come si può egli supporre che due successivi restauri bastino a formare un'architettura, che non è nè quella del primo edificio, nè quella del primo restauro? Si può egli credere che da tre epoche, distanti parecchi secoli, da tre popoli, venuti uno da oriente, l'altro da mezzodì, il terzo da settentrione, sia potuta uscire un'arte compiuta, una, bella e semplice? Si potrà egli dir mai che l'elemento siciliano bastasse a fondere insieme i tre successivi elementi stranieri, e a farne uscire in fine una sostanza nuova? — Cotale opera d'unificazione potè soltanto essere compiuta dalla storia. All'età normanna i Siciliani poterono sì raccogliere nella potente unità artistica i caratteri de' tempi scorsi e delle nazioni dianzi dominatrici; ma fu rapido, unico lavoro di creazione. Una sola fantasia scaldò i germi del passato, li sviluppò tutt'insieme, e ne fè nascere un'unica pianta.

Non vogliamo negare già che qualche edificio normanno di Sicilia non sorga lì dove sorgeva un edificio o arabo o bizantino o romano. Anche il maestoso ed enorme San Pietro di papa Giulio II si alza lì dove splendeva d'oro e di marmi l'antica basilica vaticana. Ma tra l'opera di Bramante, di Michelangelo e degli altri grandi del cinquecento, e l'opera de' primi secoli cristiani, quale somiglianza, quale analogia? Sono due chiese: ecco tutto. Fra quelle due chiese non corre certo più diversità che non ne stia fra la cattedrale di Palermo, alzata nel 590, e la cattedrale di Gualtiero Offamilio. Sono due cattedrali: ecco tutto. L'Hittorff nella sua opera sull'*Architecture moderne de la Sicile* osserva acutamente che il mosaico e l'architettura del Duomo di Monreale

dovettero uscire da un solo cervello. Quelle ampie e liscie pareti, la maniera delle arcate, lo spartimento dell' edificio e la luce che vi si spande, mostrano come mosaici o dipinti stessero nel primo disegno; dall'altro canto i simmetrici e regolari scomparti delle storie e delle figure, le fascie ornate de' mosaici, i meandri, i fregi, gli archivolti, che in vivaci colori seguono con rara facilità i membri architettonici, mostrano che, se non proprio l'architetto, almeno i contemporanei di lui composero e delinearono l'ornato delle auree pareti. L'unità ha le sue leggi. I secoli possono essere stretti in una mano dal genio d'un giorno; ma l'opera de' secoli, accumulata via via, od a sbalzi e ripresa, non vale mai a formare se non cose disgregate o nemiche.

Ma ci accorgiamo che sarebbe ora di descrivere i principali monumenti da noi mentovati, facendone vedere la distribuzione e la decorazione. Senonchè le descrizioni sono, ove si tratti di forme, parole vane; e meglio che il leggere molte pagine varrà al lettore il gettare uno sguardo sui disegni degli edificii. Ne basterà notare in questo luogo che le più importanti particolarità dello stile del medio evo in Sicilia, stanno nella distribuzione della pianta, negli archi, nella decorazione ad incrostatura. Su quest' ultima s'è detto abbastanza, parlando del chiostro, de' fianchi e delle absidi di Monreale, nonchè delle absidi e dei campanili della cattedrale di Palermo; ci giova non di meno dichiarare che se adoprammo sovente la parola *intarsio*, invece che *incrostatura*, ciò fu perchè, in verità, quell'incastonamento di marmi, ricorda assai nell'aspetto la commettitura de' legni.

Quanto alle piante, il lettore non ignora certo che sono considerate un ingegnoso componimento delle piante basilicali e di quelle de'templi bizantini. L'elemento greco e l'elemento latino ci entrerebbero del pari. Il Serradifalco dice che il *primo corpo* delle chiese di Sicilia *somiglia alle basiliche occidentali, ed a quelle dell'oriente l'altro su più gradini sollevato;* nel che il Gravina gli tien bordone. Ci pare che abbiano esagerato assai. Pigliamo la pianta del Duomo di Monreale, che si può tener come tipo; è semplicissima. Due torri a'lati del prospetto, con un portico in mezzo; una porta; tre navi, larghe le laterali un terzo della maggiore; quattro pilastri in fila alle colonne della navata, i quali determinano *l'oratorio quadrato,* portano quattro grandi archi e dovrebbero portare anche la cupola, se pure è vero che ci fosse e che ruinò

o venne demolita; poscia il presbiterio, unito con due archi al *diaconicum* ed al *gazophilacium* che terminano con il santuario in forma di tre conche od absidi, quella di mezzo più grande delle altre due. In questo Duomo i muri laterali, che corrispondono al coro e che vanno dritti a terminare alle conche minori, sporgono in fuori dai fianchi della chiesa, precisamente come nella cattedrale di Palermo, di cui la icnografia tanto somiglia a questa di Monreale, che l'unica diversità consiste nell'avere quella, oltre le due torri anteriori, anche due torri dietro. Le piante della Cappella palatina invece, della Martorana, della chiesa di S. Giovanni dei Leprosi, hanno le muraglie dei fianchi dritte dritte dal prospetto alle absidi. Quella della cattedrale di Cefalù — edificio in cui le navi sono corte al paragone della larghezza, le scalette per ascendere alle torri entro le navatine, e il presbiterio, il *gazophilacium* ed il *diaconicum* lunghi — nella cattedrale di Cefalù, diciamo, i muri de' fianchi sporgono in rispondenza dell'*oratorio*, che quì non è quadrato ma *rettangolare*, per poi tornare in riga sino alle absidi. Appartengono a questo più singolare e notevole gruppo di chiese, aventi tutte tre navi, il quadrato, poi tre absidi, la chiesa detta della Maggione, quella di S. Maria Maddalena, quella di S. Spirito, la cattedrale di Messina, e qualche altra. Scostansi all'incontro da codesto ordinamento icnografico alcune chiese di secondaria importanza, certo non tali da scemare valore al tipo delle piante sicule del tempo normanno. Si contano fra queste la Cappella di S. Cataldo, dove sono tre navi, ma dove la centrale è formata da tre quadrati, sorretti da colonne e sorreggenti tre cupole uguali, e le tre absidi son tre nicchioni; il S. Giacomo la Mazzara, con cinque corte navi di tre archi, e le colonne, che dividono le navate minori, più basse che non quelle della nave centrale; il S. Pietro la Bagnara, con una nave chiusa ai lati, il quadrato con la conca e due brevi braccia.

Or, lasciando stare queste ultime piante, che formano la eccezione, e badando al primo gruppo, che forma la regola, quale è mai la somiglianza dell'oratorio quadrato e delle tre absidi siciliane con la chiesa di Santa Sofia, tipo degli edificii bizantini in Oriente, o con la chiesa di S. Vitale, alzata pure sotto Giustiniano, consacrata in presenza di esso e di Teodora, tipo dell'architettura bizantina in Italia? Tanto sarebbe il dire che le chiese siciliane somigliano alle terme di Caracalla. Volendo trovare un' analogia tra il secondo corpo di codeste chiese e le piante bizantine converrebbe forse venire alla chiesa del Theotocos a Costantinopoli, che è del IX o del X secolo, oppure alle chiese del medio evo

in Grecia. Però noi non siamo disposti a tenere per buono un argomento del Gravina, che dice così: dopo la dominazione araba la chiesa siciliana si scostò dalla greca, dandosi alla latina, ond'è che sotto i Normanni *l'assimilazione* delle piante non era possibile. E aggiunge: *questa assimilazione nacque tra gli anni intermedii alla venuta di Belisario in Sicilia, che costrusse ad arco circolare, ed il papato di Gregorio il grande che costrusse* (vedete certezza!) *ad arco acuminato.* Si sarebbe dunque cominciato a sviluppare negli anni in cui Giustiniano morì.

Ma per toccare dell'arco a garbo acuto, sì faticosamente invecchiato in Sicilia dal Gravina, ci convien dire che noi lo crediamo proprio una ispirazione tratta dagli Arabi. L'arco siciliano non ha una forma costante: nella Cappella palatina ha sì lunghi peducci che vi stanno dipinti de' santi in piedi, ed ha i centri presi al terzo della corda; nella chiesa di S. Giovanni degli Eremitani, ha la corda divisa in dieci parti, ed i centri presi sulle due prossime al mezzo: nella chiesa di Monreale la corda è invece divisa in dodici, e l'arco quindi ancora più basso. Codesti archi somigliano innegabilmente a quelli di alcuni edificii Arabi; tra i quali, lasciando indietro la moschea di Amron al Cairo, quella di Alacksa a Gerusalemme, del VII secolo, quelle dell'VIII a Damasco, a Bagdad, a Medina, che sono, ne'vecchi resti, di stile bizantino; lasciando stare la moschea di Cordova, che è il più antico monumento arabo di Spagna, ma che pur viene, colle innovazioni e le riedificazioni, sino al mille e più in quà: nomineremo soltanto la moschea di Ebn-Touloun al Cairo, alzata nell'876, la quale negli archi acuti, benchè con lieve rientranza al basso, ne' piedritti con colonnette angolari, nelle cupole e negli ornamenti, ricorda l'architettura siciliana. Capirà del resto il lettore che a noi non importa niente di dimostrare che gli Arabi usarono l'arco acuto innanzi di prendere stanza nell'isola. Che abbiano sì o no voltato in quel garbo otto finestre della moschea di El-Haram, edificata presso Gerusalemme dal califfo Omar nel 637; che abbiano negli edificii di Menfi il II e III secolo dell'Egira fatto uso di tale modo, e poi anche nella prima fortezza alzata dai Saraceni in Sicilia — non c'importa gran fatto. Anzi non vogliamo dare troppa importanza neanche alla citata moschea del Cairo, la quale, se mostra che gli Arabi costruirono prima dei Siciliani in uno stile che per qualche lato s'accosta allo stile di questi, non mostra punto che i Siciliani abbiano copiato.

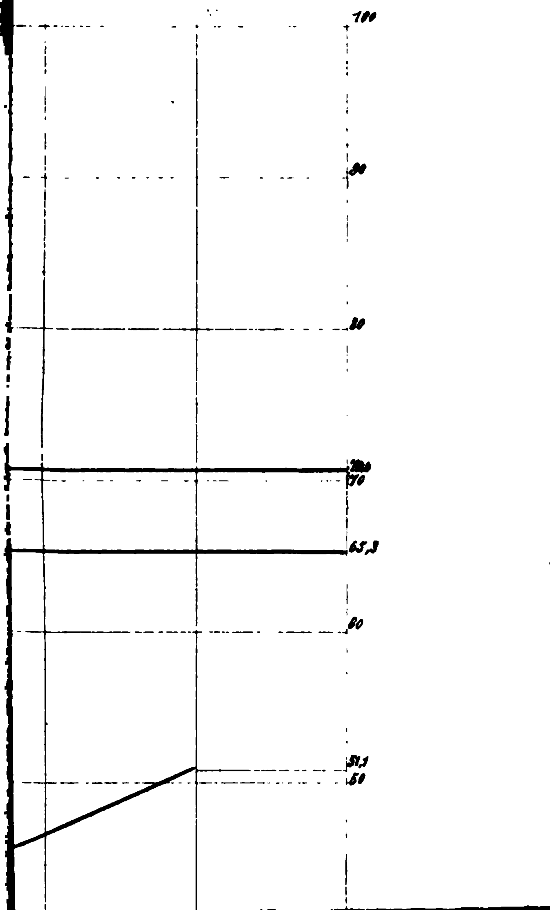
Il medesimo si ripeta delle parti che indubbiamente ricordano l'architettura bizantina, cioè, tra le altre, le cupole, che si ve-

dono alzarsi nell'interno di alcune chiese, ora poggiate su quattro pilastri, ora su quattro grosse colonne. Bensì dubitiamo che i Duomi di Monreale e di Cefalù dovessero avere sul coro la cupola, e ne dubitiamo per cagione di uno strano e notabilissimo fatto, che si vede in entrambi, ma più esattamente nel primo che nel secondo. Se l'osservatore si mette ritto alla porta della chiesa, guardando verso il santuario, e'vede il vertice dell'arco della solea, cioè di quell'arco che divide la nave di mezzo dall'oratorio quadrato, i vertici de' due archi laterali di questo, il vertice dell'arco del presbiterio, passare da una sola visuale: il primo dunque è basso, i secondi d'altezza media, il terzo altissimo. Le differenze stanno nella lunghezza de' piedritti. Codesta varietà negli archi del quadrato centrale pôtea essa permettere lo sviluppo de' pennacchi? e, anche alzando più in su la cupola, non avrebbe forze mostrato ne'suoi sostegni qualcosa di sbilanciato e di zoppo? Oltre tale singolarità, a cui fu guida la ragione prospettica, il Gravina trova nella sua chiesa molt'altre avvedutezze di rapporti geometrici ed aritmetici, tanto che l'edificio parrebbe tutto costrutto a raggi ed a moduli. Ma noi crediamo che ciò si debba più al caso che non alla premeditazione dell'architetto; nè ci piace sofisticare sui numeri.

Concludiamo, lasciando indietro molte quistioni che si collegano al Duomo di Monreale e che avremo forse occasione di toccare parlando degli edificii dell'Italia inferiore, che sono come l'anello tra i monumenti siciliani del medio evo, e quelli delle altre provincie italiane. L'architettura del medio evo in Sicilia, benchè nata e cresciuta e compiuta sotto i re Normanni ed in gran parte per opera loro, è architettura *siciliana.* Se i Bizantini non tolsero ad essa nulla; se gli Arabi non la imitarono; se i popoli del settentrione non ne cavarono l'elemento del loro stile, che non è unicamente l'arco a garbo di sesto acuto, ma ch'è un sistema, il quale cominciava a svolgersi al principio del XII secolo negli edificii settentrionali, quando i monumenti siciliani non erano ancora compiuti; se dall'altro canto l'influenza de'popoli dominatori sull'isola non si può punto negare, — è non pertanto verissimo che l'arte di Sicilia fu creata in Sicilia, che è intiera ed una, che non imita questa o quella arte straniera, che non fu di fuori imitata, che figura meravigliosamente la vivace fantasia, l'alto ingegno, l'indole, il costume, la storia tutta del popolo siciliano. Niuna arte è più originale; niuna più nazionale.

Camillo Boito.

ria, con

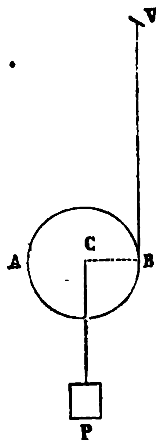


CALCOLO RELATIVO AL MOTO DI DISCESA

DI UN CARRO SU PIANI INCLINATI DI FERROVIE.

Nei pregevoli loro trattati sul movimento delle locomotive a vapore gl'Ingegneri Pambour e Févre dovettero calcolare le leggi di discesa di un carro per un piano inclinato al fine di dedurne l'attrito che si esercita sulla circonferenza delle ruote, e quindi anche la resistenza dell'aria contro la macchina ed i vagoni. Allorquando mi occupai dello studio di quei trattati cercai di risolvere lo stesso problema partendo da un dato più semplice, e salendo man mano con aggiunte di condizioni fino al problema che ho accennato. Nella soluzione dei problemi più semplici incontrandosi risultati degni, a parer mio, di qualche attenzione, e la diversità del modo conducendomi alla stessa soluzione del problema, io credei far cosa non ispregevole redigendo questa breve memoria.

Fig. I.ª



1. Sia $A\,B$ una puleggia di raggio r sul contorno della quale si avvolga un filo, il quale dal punto di tangenza B s'innalzi verticalmente fino al punto V dove si attacca in modo fisso: l'asse della rotella essendo orizzontale, a questo si sospende il grave P con un filo; in tale posizione si lascia libera la rotella, la quale discende sviluppandosi il filo che l'avvolge; si domanda la legge del movimento, e la tensione del filo, non tenuto conto dell'attrito sull'asse della rotella. (fig. 1)

Sia g la gravità, p il peso della rotella, v la velocità di discesa della stessa, ossia del suo centro C, ω la velocità

angolare della rotella, t il tempo della discesa per lo spazio s; S il momento d'inerzia della rotella e di ciò che potrebbe girare con essa. La forza acceleratrice discensiva del punto C sarà $\frac{dv}{dt}$; la forza acceleratrice perduta per causa dell'azione del filo, che ritarda la discesa della rotella rispetto al caso che fosse libera, è $g - \frac{dv}{dt}$; la forza motrice perduta sarà perciò:

$$\left(g - \frac{dv}{dt}\right)\left(\frac{P+p}{g}\right),$$

e questa sarà pure la tensione del filo. Ora si può considerare che questa forza di tensione sia quella che fa girare la puleggia, e che il filo innalzandosi verticalmente la rotella stia ferma; la velocità di ascesa del filo non sarebbe che la velocità di discesa della puleggia. Così applicando il principio del moto giratorio attorno ad un'asse si ha:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\left(g - \frac{dv}{dt}\right)\frac{P+p}{g}r}{S}$$

Ma si osservi che si ha $v = r\omega$, onde $\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{r}\frac{dv}{dt}$; quindi:

$$\frac{da}{dt} = \frac{\left(g - \frac{dv}{dt}\right)\frac{P+p}{g}r^2}{S}$$

indi:

$$\frac{dv}{dt} = g\,\frac{(p+P)\,r^2}{gS + (p+P)r^2}$$

Supposto che la rotella non abbia altra materia che giri con essa e sia cilindrica, il suo momento d'inerzia S è $\frac{1}{2}\,p\,\frac{r^2}{g}$,

perciò:

$$g\,S = p\,r^2$$

e sostituendo questo valore in quello di $\frac{dv}{dt}$, si ha:

(1) $$\frac{dv}{dt} = 2\,g\,\frac{p+P}{3\,p+2\,P}.$$

Chiamando T la tensione del filo sarà

(2) $$T = \frac{p\,(p+P)}{3\,p+2\,P}.$$

Supponiamo $P = o$, si ha:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2}{3}\,g\,,\quad T = \frac{g}{3}.$$

Dunque integrando, e supposto che lo spazio s, e la velocità v si contino dall'origine del moto, e dal punto in cui la rotella comincia a discendere, si ottiene facilmente, sapendo che $\frac{ds}{dt} = v$,

$$v = \frac{2}{3}\,g\,t\,,\quad s = \frac{g}{3}\,t^2.$$

Per un grave libero discendente dall'altezza a si ha:

$$a = \frac{1}{2}\,g\,t^2,$$

indi perchè la rotella ed il corpo libero impieghino lo stesso tempo a descrivere i rispettivi spazi ed arrivare in uno stesso istante ad uno stesso piano orizzontale, converrà che sia:

$$3\,s = 2\,a$$

ossia:

$$s = \frac{2}{3}\,a.$$

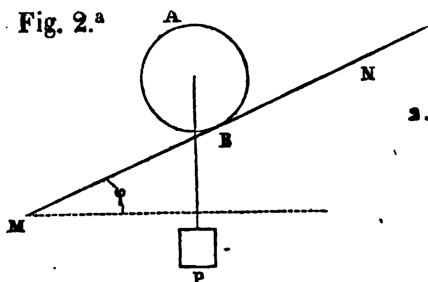
Di ciò è facile fare lo sperimento.

Si vedrà che i valori di $\frac{dv}{dt}$, T nelle formole (1) e (2) sono indipendenti da r.

La formola (2) mostra che più si fa grande il peso P, più la tensione del filo diminuisce, e s'accosta a $\frac{p}{2}$.

2. Nella discesa verticale della rotella il filo si conserva sempre verticale, e può considerarsi che si applichi su di un piano verticale normale al piano della rotella. Suppongasi ora che il filo sia fisso ad un punto V (fig. 2), e si applichi sulla linea $M\ N$ di massima pendenza di un piano inclinato dell'angolo φ sull'orizzonte, mentre la ruota discende per quella linea. Decomponendo il peso P in due, uno parallelo al piano P sen φ, l'altro normale al piano stesso, P cos. φ, e lo stesso facendo per p e g, è chiaro che le formole (1) e (2) sono applicabili a questo caso, purchè alle lettere p, P, g si sostituiscano rispettivamente p sen. φ, P sen. φ, g sen. φ. Avremo così:

Fig. 2.ª



$$\frac{dv}{dt} = 2\, g \text{ sen. } \varphi \frac{p + P}{3p + 2P}\,, \tag{3}$$

$$T' = \frac{p \text{ sen. } \varphi\ (p + P)}{3p + 2P}\,. \tag{4}$$

Il filo $V\ B$ sul piano inclinato soffre adunque la tensione $T' = T$ sen. φ. A questo filo si può surrogare l'attrito di strisciamento che si esercita dalla ruota sul piano, attrito che è limitato nella sua resistenza come lo è un filo materiale.

Il limite di tale attrito è $f' (p + P)$ cos. φ dove f' è il coefficiente.

Se si cercasse qual sia l'inclinazione minima del piano affinchè la ruota discendente rotoli e strisci nel medesimo tempo, si farà:

$$\frac{p \text{ sen. } \varphi\ (p + P)}{3p + 2P} = f' (p + P) \text{ cos. } \varphi$$

da cui si ricava tang. $\varphi = f' \left(3 + 2\frac{P}{p}\right)$

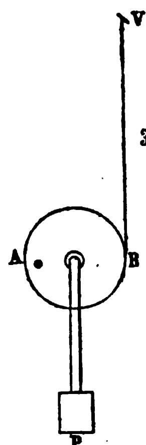
Se $P = o$, si ha tang. $\varphi = 3 f'$. Così se la ruota comincia solamente a *strisciare* su d' un piano inclinato dell' angolo θ, si ha tang. $\theta = f'$, ed essa comincierà a *rotolare e strisciare* sul piano quando l' inclinazione φ sia tale che si abbia

$$\text{tang. } \varphi = 3 \text{ tang. } \theta.$$

Ciò è facile a verificarsi.

3. Se la ruota al N. 1 avesse un foro nel suo centro nel quale entrasse un'asse di raggio r' (fig. 3), il qual asse esercitasse un attrito $f'' R$ sulla parete interna del foro, allora l'equazione del moto discensivo sarebbe:

Fig. 3.ª

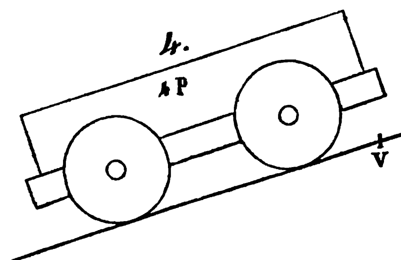


$$(5) \qquad \frac{dv}{dt} = 2\,g\,\frac{p + P - f''\,R\,\frac{r'}{r}}{3\,p + 2\,P}$$

e la tensione del filo

$$(6) \qquad T'' = \frac{(p + 2\,f''\,R\,\frac{r'}{r})\,(p + P)}{3\,p + 2\,P}$$

Fig. 4.ª



Sia ora il carro della fig. 4 a quattro ruote, delle quali ciascuna pesi p; il peso $4\,P$ sia quello del carro col suo carico e colle sale che si suppongono fisse al carro ed indipendenti dalle ruote. Supposto il piano inclinato senza attrito, ed a questo surrogato unfilo avvolto ad ognuna delle ruote e fissato ad un punto V corrispondente ad ogni coppia laterale delle ruote, e supposto che ogni ruota sopporti il peso P, la cui direzione è verticale, si vede che si cade nel caso del N. 2. Così nelle formole (5) e (6) mettendo g sen. φ, p sen. φ, P sen. φ invece di g, p, P; e P cos. φ invece di R ai avrà:

$$(7) \qquad \frac{dv}{dt} = 2\,g \text{ sen. } \varphi\,\frac{p + P - f''\,P \text{ cot. } \varphi\,\frac{r'}{r}}{3\,p + 2\,P}$$

$$(8) \qquad T''' = \frac{(p \text{ sen. } \varphi + 2\,f''\,P \text{ cos. } \varphi\,\frac{r'}{r})\,(p + P)}{3\,p + 2\,P}$$

Ora l'attrito di strisciamento fa le veci del filo, e così il carro discende e le ruote girano senza che il filo le rattenga al loro punto di contatto col piano.

Nelle formole (7) e (8) non si tien conto dell'attrito di 3.ª specie o di rotolamento della ruote sul piano; sia f''' il coefficiente di quest' attrito, quello prodotto dalla ruota e dal suo carico sul piano è $(p + P) \cos. \varphi f'''$. Quest'attrito è una forza ritardatrice da aggiungere a quella prodotta dall'attrito della sala nel bossolo della ruota. Così aggiungendo questa forza ritardatrice avremo invece delle equazioni (7) e (8) le seguenti:

$$\frac{dv}{dt} = 2g \text{ sen. } \varphi \frac{p + P - [f'' P \frac{r'}{r} + f''' (p + P)] \cot. \varphi}{3p + 2P}$$

$$T''' = \frac{[p \text{ sen. } \varphi + \{ 2 f'' P \frac{r'}{r} (p + P) f''' \} \cos. \varphi] (p + P)}{3p + 2P}$$

Perchè le ruote del carro comincino anche a strisciare vincendo l' attrito $f' (p + P) \cos. \varphi$ si dovrà inclinare sufficientemente il piano finchè sia:

$$f' (p + P) \cos. \varphi = T'''$$

e mettendo il valore di T''', e riducendo:

$$\text{tang. } \varphi = 3 f' - f''' + \frac{P}{p} (2 f' - 2 f'' \frac{r'}{r} - f''')$$

4. Anche la resistenza dell' aria è una forza ritardatrice, la quale, come Pambour, chiameremo $\theta E A v^2$, essendo θ un coefficiente costante, ed E altro coefficiente dipendente dalla relazione fra le dimensioni del carro, e costante per ogni veicolo, ed A la superficie esposta all' urto dell'aria. Tenendo conto di tale resistenza, e facendo:

$$a = g r (p + P) \text{ sen. } \varphi - f'' \cos. \varphi \, r r' - f''' (p + P) \cos. \varphi \, r^2$$
$$b = g r \theta E A$$
$$c = S + r (p + P) \text{ sen. } \varphi$$

nell' ipotesi che sia $v = o$ quando $s = o$, e $t = o$ si otterrà:

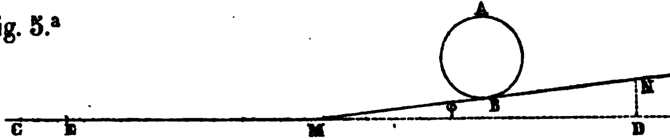
$$t = \frac{c}{2 \sqrt{a b}} \text{ log. ip. } \frac{\sqrt{a} - v \sqrt{b}}{\sqrt{a} + v \sqrt{b}}$$

$$S = \frac{c}{2 b} \text{ log. ip. } \frac{a}{a - b v^2}$$

5. Il coefficiente assai piccolo f''' può determinarsi nel modo seguente:

Suppongo che una coppia di ruote del carro legate con sala cilindrica sia posta sul binario di una ferrovia in discesa MN (fig. 5)

Fig. 5.ª



la quale termini in M, e sia susseguita dalla tratta orizzontale MC. La coppia delle ruote cominci a discendere dal punto N dove si ha MD orizzontale $= c$, ed ND verticale $= b$; essa discenderà fino ad M, e per la velocità acquistata proseguirà a rotare sul piano orizzontale, fino a che l' attrito di rotazione che di continuo è contrario al movimento non l' arresta. Sia E il punto in cui si ferma la coppia delle ruote, e chiamisi h la tratta percorsa ME. Consideriamo il movimento d'una sola ruota di peso p e con sopraccarico P, e sia AB il circolo che la rappresenti sul piano MN.

Stando alle denominazioni antecedenti sarà

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\left(g\,\text{sen.}\,\varphi - \frac{dv}{dt}\right)\frac{p+P}{g}\,r - f''\,R\frac{r'}{r}\,r - f'''\,(p+P)\cos.\varphi\,r.}{S}$$

Supposta la ruota sola e senza peso di carico P, e trascurando il carico della sala, sarà $P = o$, $R = o$, onde

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\left(g\ \text{sen.}\ \varphi - \frac{dv}{dt}\right)\frac{p}{g}\,r^2 - f'''\,p\cos.\varphi\,r^2}{S}$$

e quindi

$$\frac{dv}{dt} = g\,\frac{(\text{sen.}\ \varphi - f'''\ \cos.\ \varphi)\,p\,r^2}{g\,S + p\,r^2}$$

Se si riduce la ruota ad un cilindro di raggio r, si ha

$S = \frac{1}{2}\,\frac{p}{g}\,r^2$, e perciò

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2}{3}\,g\,(\text{sen.}\ \varphi - f'''\cos.\ \varphi).$$

e, facendo per abbreviatura $\text{sen.}\ \varphi - f'''\ \cos.\ \varphi = a$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2}{3}\,g\,a.$$

Integrando in modo che la volocità iniziale sia u, si ha

(9) $$v = u + \frac{2}{3} gat.$$

(10) $$s = ut + \frac{1}{3} gat.^2$$

stantechè all' origine del movimento si ha $s = o$. Applicando le formole (9) e (10) al piano inclinato MN, facendo $MN = l$, ed osservando che la velocità iniziale u è nulla, e facendo $v = U$ al punto M, si ottiene

$$U = \frac{2}{3} gat. \quad , \quad l = \frac{1}{3} gat^2.$$

Eliminando t avremo

$$U = 2 \sqrt{\frac{gal}{3}}$$

E siccome si ha $b = l \,\text{sen.}\, \varphi$, $c = l \cos. \varphi$, così sarà $al = b - f'''c$, e quindi

$$U = 2 \sqrt{\frac{g}{3} (b - f''' c)}$$

Applicando le stesse formole (9) e (10) al piano orizzontale AC, osserveremo che la velocità iniziale in M è $U \cos. \varphi$, e che quando $s = h$ si ha $v = o$, e che $a = - f'''$; e così avremo

$$o = U \cos. \varphi - \frac{2}{3} g f''' t$$

$$h = U \cos. \varphi \; t - \frac{g f'''}{3} t^2.$$

Da queste equazioni si trarrà, sostituendovi il valore di U

$$t = \sqrt{\frac{3 h}{g f'''}}$$

$$f''' = \frac{b \cos.^2 \varphi}{h + c \cos.^2 \varphi} = \frac{b c^2}{h (b^2 + c^2) + c^3}$$

Se il piano MN è assai poco inclinato, φ sarà assai piccolo, e si avrà prossimamente $\cos. \varphi = 1$, quindi

$$f''' = \frac{b}{h + c}$$

Nella ricerca del valore di f''' non si è tenuto conto della resistenza dell'aria sia perchè in questi sperimenti la velocità non è grande, sia perchè l'azione dell'aria sulla ruota è minima.

Negli esperimenti al punto M per evitare la scossa che vi produrrebbe sul piano orizzontale la ruota a detrimento della sua velocità si raddolcisce l'angolo con una curva.

Queste due ultime formole corrispondono ai risultati che in questa questione ottennero per altre vie li Sig. Pambour e Févre.

Ing. P. Seggiaro.

I COMBUSTIBILI SOLIDI FOSSILI.

Notizie industriali.

Si dividono d'ordinario i combustibili fossili in quattro grandi classi: antraciti, carboni fossili, ligniti, torbe. Le prime due classi appartengono per il loro giacimento ai terreni secondarii, le ligniti si trovano nei terreni terziarii, le torbe possono annoverarsi fra le formazioni contemporanee. L'origine vegetale della torba non ha mestieri di dimostrazione, per gli altri la loro origine vegetale si deduce dalla circostanza che esiste un passaggio graduale dalle ligniti ai carboni fossili propriamente detti, e da questi alle antraciti.

I carboni fossili propriamente detti si distinguono in tre categorie subalterne, *grassi o bituminosi*, *magri* e *secchi*.

Si possono veder nel Peclet *Traité de la Chaleur* e nel Claudet *Formules et Renseignements pratiques*, non che nelle opere speciali, i caratteri che distinguono queste diverse specie di carboni fossili.

Nostro scopo in questo scritto é solo di raccogliere notizie sopra alcuni più recenti modi di trattamento dei combustibili solidi fossili, o sopra modi meno comunemente conosciuti e che pur hanno ragguardevole importanza industriale.

Frattanto, siccome carboni fossili di una piuttosto che d'altra categoria, convengono ad industrie speciali; altri invece riescono in esse dannosi, e siccome non sempre i caratteri esterni bastano a stabilire nettamente la categoria cui appartengono, massime per gli industriali che non ebbero opportunità di versare in esami e confronti di carboni fossili di diverse provenienze; importa il conoscere un esperimento proposto da Valerius per cui si stabilisce facilmente la categoria cui appartenga un dato carbon

fossile. Si pongano pochi grammi di polvere del carbone da esaminare in un crogiuolo, preferibilmente metallico, esattamente chiuso da coperchio. Ponendo questo crogiuolo in mezzo ai carboni vivamente accesi in un fornello e lasciandovelo sette od otto minuti, si riconoscono tosto i seguenti caratteri.

Se il carbone è *grasso*, la polvere si impasta, si gonfia e si stampa contro le pareti del crogiuolo.

Se è *magro*, la polvere si impasta pure, ma non si gonfia, e non si stampa, spesso anzi diminuisce di volume.

Se è *secco*, la polvere rimane disgregata e non si impasta.

Alcuni annoverano fra i carboni fossili anche delle sostanze esclusivamente minerali, ricche di bitume, per cui abbruciano al pari dei carboni, e che distillate danno eccellente gaz illuminante, altri invece fanno di questi minerali combustibili una classe a parte distinta dai carboni fossili.

Nel 1854 ebbe luogo un processo rimarchevole ad Edimburgo. Il Lord giudice presiedeva, ed un giurì speciale era stato scelto per decidere la questione: *che cosa è il carbon fossile?*

In un terreno che era stato ceduto per l'estrazione del carbon fossile, si incontrò uno strato di eccellente minerale ricchissimo e di grande valore per la estrazione del gaz illuminante, sicchè i cessionarii realizzavano ingenti guadagni. Il proprietario del fondo niegò a quel minerale la qualità di carbon fossile, contestando nei cessionarii il diritto di estrarlo. Chimici, botanici, geologi, microscopisti, ingegneri di aziende d'illuminazione a gaz, ingegneri di miniere, furono sentiti nel processo; i voti furono discordi, gli uni sostenevano che quel minerale era carbon fossile, altri lo dichiaravano uno schisto bituminoso. Il giudice non potendo mettere d'accordo i dotti, pose la quistione al giurì: *se quel minerale poteva ritenersi carbon fossile, non in base a definizione strettamente scientifica, ma nel significato comunemente ricevuto e nel linguaggio degli affari.*

Poco dopo che il giurì pronunciava in Inghilterra che quel minerale era carbon fossile, la Prussia stabiliva oppostamente, attribuendo diverse tariffe ed abbassando i corrispondenti ordini alle dogane.

Ciò prova la difficoltà di definire esattamente il carbon fossile non solo scientificamente, ma altresì commercialmente.

La continua e progressiva scarsezza dell'antico combustibile, la legna, per gli assidui sboscamenti non solo nella vecchia e popolosa Europa, ma ben anche agli Stati Uniti, che non molti lustri addietro non erano che una immensa foresta, crearono il

bisogno di estendere sempre più l'uso dei combustibili fossili che da poco più di un secolo alimentano progressivamente la vorace industria dei popoli produttori.

Il crescente bisogno di ferro lavorato in grandi masse per le macchine a vapore, le ferrovie, le corazzature e le costruzioni di ogni genere ed i mezzi potenti di forza e di rapidità di comunicazioni che con queste costruzioni si ottennero, hanno più che ogni altra cosa influito pel rapido aumento nel consumo dei combustibili fossili, sicchè oggidì può dirsi che se il consumo del ferro attesta la prosperità d'un paese, quella di combustibili fossili ne attesta la attività industriale.

Se esaminiamo solo la statistica dell'Inghilterra, troviamo che essa nel 1740 contava soli 59 alti forni alimentati da legna, con una produzione annua complessiva di 17000 tonnellate di ghisa. Nel 1745 nell'Yorkschire si costruì il primo alto forno a coke, con mantici mossi da ruota idraulica. Pochi anni dopo l'invenzione di Watt consentì le macchine soffianti, mosse a vapore, ed i progressi furono in seguito così rapidi che l'inchiesta dimandata al Parlamento inglese da Pitt stabilì che nel 1796 la fusione colla legna era quasi abbandonata ed esistevano 321 alti forni a coke in Inghilterra colla produzione annua complessiva di 125000 tonnellate di ferro fuso.

Questa produzione si elevò rapidamente sicchè raggiunse 170000 tonnellate nel 1802; 250000 nel 1806; 400000 nel 1820.

Oggidì la produzione annua complessiva di ferro fuso in Europa ed in America è valutata da Percy a 6000000 di tonnellate, della quale ingente quantità la metà è fornita dall'Inghilterra, $\frac{1}{7}$ dall'America, il resto dagli altri Stati d'Europa. E con ciò non si è accennata che una sola operazione metallurgica sopra un sol metallo; mentre i combustibili fossili somministrano il calore e la forza a tutte le operazioni industriali poste sopra scala appena alquanto ampia. Ciò giustifica ed il crescente bisogno e la conseguente cura nello scoprire non solo nuovi bacini carboniferi, ma nell'ottenere i modi di utilizzare quelle qualità di carboni fossili che, considerati prima come inferiori, erano abbandonati ed usati solo in certi usi speciali, come la cottura delle calci e dei mattoni.

In relazione alla ricchezza relativa dei diversi Stati in bacini carboniferi ed alla loro produzione, presentiamo ai lettori il quadro seguente, redatto da Anstey nel 1848 sui documenti statistici di Taylor.

Stati	Superficie dei bacini carboniferi	Rapporto fra le superficie carbonifere e la superficie totale	Produzione annua
	chilom. quadr.		tonnellate
Gran Brettagna	31 200	0,100	32 000 000
Francia	5 200	0,01	4 150 000
Belgio	1 300	0,045	5 000 000
Spagna	10 400	0,019	550 000
Prussia	3 000	0,01	3 500 000
Boemia	2 000	0,05	
Stati uniti di America . . .	295 000	0,111	4 000 000

Un colpo d'occhio sull'estensione dei bacini carboniferi basta a rivelarci a quali plaghe sia quindi innanzi chiamata la attività umana. L'America, la terra prediletta dei carboni fossili e dei petrolii, è destinata a detronizzare l'Inghilterra che fin qui si era infeudato l'universo industriale.

L'immensa produzione messa a confronto colla estensione di bacini in Inghilterra giustifica i timori di chi calcola che le miniere carbonifere inglesi non possano bastare che forse al più per due secoli. L'analogo confronto applicato agli Stati Uniti prova che in onta alla febbrile e sorprendente attività industriale di quelle popolazioni, esse sono ben lungi ancora dal raggiungere uno sviluppo corrispondente alla loro ricchezza in combustibili: ricchezza che cresce a dismisura ove, oltre ai combustibili solidi, si tenga conto anche dei combustibili liquidi.

Le cifre nella colonna *produzione* salirono ad enormi aumenti dopo il 1848. La statistica minerale di Roberto Hunt dà che la produzione nella Gran Brettagna si elevò nel 1862 ad 83 milioni di tonnellate rappresentanti un mezzo miliardo di franchi in valore,

di cui 74 milioni di tonnellate sono consumate in paese ed otto sole esportate. La produzione collettiva dei rimanenti paesi di Europa non arrivò in quell'anno che a 35,000,000 di tonnellate, ossia a meno di metà della produzione inglese.

Il Percy offre un quadro della produzione e del consumo di carbon fossile ragguagliato al numero di abitanti nei diversi Stati, nelle cui cifre può dirsi che si riassuma la storia dell'industria moderna.

Anni	Stati	Popolazione	Produzione Totale	Consumo Totale	Produz. media per abitante	Consum. medio per abitante
			tonnellate	tonnellate	chilogr.	chilogr.
1862	Gran Brettagna	29,307.000	82,638.000	76,627.300	2785	2512
1860	Belgio	4,782.000	9,610.897	6,161.000	2010	1288
1861	Prussia	18,500.000	13,828.070	12,708.000	747	686
1859	Sassonia . . .	2,225.000	1,519.473	»	682	»
1860	Stati Uniti . .	31,650.000	15,100.000	»	477	»
1861	Francia	37,382.000	8,400.000	13,163.000	225	352
1859	Austria	35,016.000	3,131.884	»	90	»
1859	Baviera	4,670.000	260.000	»	55	»
1860	Spagna	15,673.000	321.773	»	20	»
1859	Russia	70,000.000	70.000	»	1	»

Così, mentre la Russia, tanto estesa da riescire assai poco densa di popolazione, in onta ad una cifra imponente di essa a fronte della popolazione degli altri Stati europei, non offre che 1ch. di carbone prodotto per abitante; l'Inghilterra ne offre 2775. Del pari, mentre non si conosce il consumo interno degli altri Stati d'Europa non che dell'America; i soli Stati Europei di cui si abbiano dati statistici sul consumo interno di combustibili fossili (Francia, Prussia, Belgio, Gran Bretagna), ci segnano una scala crescente sul consumo per individuo, che in parte va tradotta in maggiore sviluppo di industria manifatturiera, in parte in diverso approvvigionamento di combustibili non fossili ed in parte in maggiore o minore diffusione di ben essere, e quindi di abitudini più o meno confortevoli rispetto al consumo di combu-

stibili per usi domestici, indipendentemente dai bisogni dell'industria.

In questo quadro l'Italia non è rappresentata, perchè fra il 59 ed il 62, o non esisteva ancora per gli statisti esteri un'Italia, o non la si considerava ancora come entrata definitivamente nella rappresentanza degli Stati Europei. Nondimeno, se si esamina il *Catalogo descrittivo dell' Esposizione universale del* 1862 (Torino, 1862) si vede che essa poteva essere contata per una produzione di circa 76000 tonnellate di combustibili fossili che rappresentano il 6 $\frac{1}{2}$ per $\%$ della produzione europea. Si rileva da esso che questa produzione di combustibili fossili è rappresentata da alquanta antracite nell'isola di Sardegna (*Cava di S. Sebastiano a Lecci*); da ligniti delle cave di Cadibona *(Savona)*, di Salzanello *(Val di Magra)* nella Liguria; di Pordenuovo *(Val di Cecina)*, e di Macerata e Forlì nell'Italia centrale; di lignite compatta con isplendore resinoide sul monte Tirriolo nella Calabria ultra ed in argnoni lungo il fiume Tordino in valle di S. Giovanni di Teramo, nonchè di simile lignite in parecchi luoghi della provincia di Chieti e di altre buone ligniti nell'Italia meridionale. Vuolsi aggiungere a queste la lignite torbosa di Leffe in Val Gandino, nonchè la lignite degli appennini di Parma; e finalmente la torba delle torbiere presso i laghi di Varese e di Lecco, di quella di Grugliasco (Torino) e di molti altri bacini sparsi in diverse località d'Italia, i cui scavi non acquistarono ancora una conveniente importanza industriale paragonabile ai precedenti.

Depurazione dei combustibili fossili.

I carboni fossili contengono delle sostanze più o meno intimamente incorporate con essi e che si possono classificare come segue, per ordine di densità:

Schisti puri e carbonosi,

Argille o parti terrose che si sciolgono nell'acqua,

Carbonati e solfati di calce,

Piriti,

Perciò ridotti i carboni in frantumi con una triturazione appropriata, ed immersi nell'acqua, quelle sostanze si separano e si classificano per ordine di densità.

Il grado di divisione delle materie triturate, indipendentemente dalla forma dei frammenti e dalla loro facilità ad umettarsi, è determinato dall'uso ulteriore.

La classificazione è l'accessorio della triturazione. In alcune località si depura il carbone tratto dalla miniera, altrove lo si classifica per grossezza e si lava solo il minuto.

In Francia e nel Belgio il carbone, facendolo passare per graticci diversi, è separato in tre parti; *gaillette* di più di $0^m,03$ di lato, *gailletin* da $0^m,03$ a $0^m,01$ e *fin* o *menu*, che ha meno di $0^m,01$ di lato.

La classificazione si fa col mezzo di apparecchi meccanici, che il più spesso sono griglie, o lastre perforate, con aperture di grandezza decrescente, sottoposte le une alle altre a gradinate ed alle quali si imprimono scosse o vibrazioni continue.

I dettagli meccanici delle griglie a scosse variano secondo che si fa la classificazione a secco, o col mezzo dell'acqua.

Gli apparecchi per la lavatura hanno per iscopo di far movere l'acqua attraverso il carbone, per cui le materie da lavare si sospendono in essa, e cessando il moto dell'acqua, le materie più pesanti si dirigono al fondo ed il carbone più leggero resta in uno strato superiore donde una corrente d'acqua lo asporta depositandolo a sgocciolare sopra un graticcio.

Se la lavatura dei carboni non ha in Inghilterra tutta l'importanza che ottenne sul continente, ciò è dovuto alla purezza relativa de' carboni inglesi ed alla loro durezza per cui l'estrazione dalle miniere inglesi dà appena il 20 a 25 per 100 di minuto, senza mescolanza notevole di materie straniere. In Francia e nel Belgio invece le vene carbonifere contengono d'ordinario letti di schisti più friabili che il carbone.

Può dirsi che sul continente ogni azienda carbonifera bene organizzata trovi il suo necessario complemento nella depurazione dei carboni, solo mezzo di trarre partito dai detriti della estrazione, abbandonati per lo innanzi, e di ottenere da essi dei prodotti non di rado superiori per qualità ai grossi carboni che soli avevano prima valore mercantile.

I coke provenienti dai carboni depurati, arrecarono miglioramenti sensibili nell'andamento degli alti forni, sicchè sono attribuibili in gran parte alla depurazione dei carboni i progressi della siderurgia in questi ultimi anni. Essa contribuisce pure alla durata degli apparecchi a fiamme libere spogliando i combustibili delle materie corrosive.

I primi saggi per l'uso nelle locomotive del coke fatto con carboni lavati risalgono al 1844 e sono dovuti all'iniziativa di Lechatellier, ingegnere in capo al corpo imperiale delle miniere. Egli richiamava su questo argomento l'attenzione di

Polonceau che non potè ottenere dall' Amministrazione delle miniere di Saarbruck le facilitazioni occorrenti per fare l'applicazione in grande della sua proposta. Nel 1849 lo stesso Lechatellier, in una Commissione istituita dalla Compagnia della ferrovia del Nord per avvisare al modo di migliorare il coke, insistette vivamente sulla opportunità di ricorrere alla lavatura dei carboni. M. Marsilly, ingegnere delle miniere ad Arras fu incaricato di fare uno studio dei coke di diverse provenienze, e venne dimostrato con ciò che quanta minore quantità di ceneri rinchiudano i coke, tanto più sono vantaggiosi per la trazione, e quindi la lavatura dei carboni fu organizzata in grande pei bisogni della Compagnia. L'esempio fu presto seguito dalle altre e da quell'epoca fu prescritto per il ricevimento delle forniture di coke il titolo massimo in ceneri. Fairbairne cerca di rivendicare l'invenzione della depurazione dei carboni all'Inghilterra, facendo osservare che essa era da lungo tempo in uso nelle officine a ferro di Cleater nel Cumberland *(Rapporto di Fairbairne sulle macchine in generale. Esposizione Universale 1855)*.

La depurazione dei carboni diede altresì origine ad un' altra industria che prese uno sviluppo assai rapido, *la fabbricazione degli agglomerati,* che ricostituisce artificialmente coi detriti per mezzo di sostanze glutinose di tenue prezzo un combustibile di buona quantità e di facile trasporto.

Fino dal 1860 Dupret esperimentò nel suo stabilimento di Marcinelle-lez-Charleroi (Belgio) l'uso degli agglomerati nei forni a riverbero.

Sarebbe impossibile in una rivista l'annoverare anche solo, non che descrivere, i diversi apparecchi inventati per la lavatura e depurazione dei carboni. Ricorderemo solo la macchina nuova di Evrard che per la sua potenza sembra dover essere ben presto adottata nelle grandi aziende carbonifere non ostante il suo costo elevato di franchi 100,000. Questa macchina è capace di produrre da quattro cento a cinquecento tonnellate di carbon fossile lavato per giorno. Operando sopra una quantità così grande il costo della lavatura riesce tenuissimo. Anche con una produzione limitata a 200 tonnellate, il costo della tonnellata di carbone lavato non è aumentato per le spese di operazione che di franchi 0,25 (1).

(1) Si possono consultare sull'argomento della lavatura dei carboni le seguenti opere e memorie:

Valerius, *Traité de la fabbrication de la fonte,* 1851. — *Lavage de la houille à Bessège,* pag. 250.

La torba disseccata all'aria ed al sole è poco atta a produrre alte temperature contenendo almeno il 20 per % di acqua ed il 10 per % di materie minerali incombustibili; inoltre occupando un volume troppo considerevole obbliga ad avere grandi focolaj. Perciò dove gli altri combustibili scarseggiano, si avvisò a trasformare questo prodotto spongoso, umido ed impuro in una materia compatta, pura e resistente. Si superarono già a quest'ora grandi difficoltà e se non si ottennero ancora risultati di grande importanza industriale, i tentativi però continuano e l'ultima parola non fu detta. Si cominciò per triturare la torba in un mulino e stamparla in seguito in *formelle*. Si seguiva dal 1821 questo processo in Germania ed in Francia, quindi nelle officine a ferro di Ekmann in Svezia. Per esso ottenne finalmente Linning il brevetto nel 1837 in Inghilterra.

Questo processo di compressione lo si applica da alcuni anni nei focolaj delle locomotive in Baviera. A Rosenheim la torba, sbarazzata dalle radici, è passata in cilindri, disseccata a 100°, ridotta in polvere, stampata e somministrata in formelle del peso di 200 a 280 grammi. Con ciò essa è resa cinque volte più densa venendo a pesare da 1350 a 1575 chilogrammi al metro cubo.

Questi processi di compressione meccanica però non avevano in sè le condizioni di una facile generalizzazione per la complicazione degli apparecchi, la lentezza dell'operazione ed una rilevante spesa di impianto e di riparazioni. Si riconobbe altresì che, se la torba compressa non è molto argillosa, si gonfia di nuovo dopo un certo tempo, sopratutto sotto l'influenza del calore umido e si sgrana rapidamente nei focolai.

Ai processi meccanici quindi si tentò di sostituire dei processi chimici. Sono inumerevoli i brevetti ottenuti in diversi paesi per la preparazione chimica della torba. Liscive alcaline, acidi minerali, allumi, materie glutinose, pomi di terra, catrami,.... spesso miscele di parecchie di queste sostanze, furono sperimentate con successo non superiore a quello della compressione meccanica. Tra questi diversi processi chimici però non va passato sotto silenzio quello che il conte di Lara attivò dal 1860

Notice sur l'épuration de la houille, par A. Frederix, ingenieur. Bruxelles, 1860.
Revue Universelle. Année 1858, tom. IV, e 1862, tom. XII.
Bulletins de l'industrie minérale, 1845, *et années suivantes.*
Hartmann, *Handbuch des Steinkohlen.* Leipzig, 1861-1862.
Dieudonné, *Sulla fabbricazione del coke a Forbach e Hirschbach. Annales des mines.* 5 Serie, tom. XV.
Petitgand e Ronna, *Appendice al 1.° volume della traduzione in francese del Trattato di metallurgia di* Percy.

nelle torbiere di Saussaye, dominio d'Itteville (*Seine et Oise*). Consiste esso nel neutralizzare il principio acido dominante nelle torbe estraendole e triturandole con macchine patentate in cui si projetta acqua alcalinizzata. La miscela liquida, sollevata da trombe e lasciata da esse decadere in quadri in legno appoggiati sul suolo coperto di paglia, perde attraverso di questa l'acqua in eccesso, e viene in seguito disseccata nelle ordinarie condizioni di formelle all' aria ed al sole. Con tale preparazione si ottengono in dieci mesi delle formelle aventi 1, 3 di densità, a frattura nera e brillante, sprovvista interamente di solfo, con un titolo di solo 7 per 100 di ceneri. Le torbe così preparate dal conte di Lara diedero ferri di qualità superiore negli esperimenti fatti sugli alti forni di Herserange in Francia ed a Bristol in Inghilterra. Secondo quanto asseriscono i signori Petitgand e Ronna (*Appendice al Traité de metallurgie di Percy*) si avrebbe una soddisfacente conferma del vantaggio del processo Lara applicato a torbe diverse da quelle di Saussaye, e la distillazione delle torbe così preparate offrirebbe un gaz illuminante superiore in quantità e qualità a quello di carbon fossile.

I tentativi di compressione e di epurazione associati in processi complessi, diedero origine ad applicazioni molteplici che se non raggiunsero un risultato definitivo, hanno tuttavia per sè molto avvenire.

All'officina di Weber, a Staltach presso Monaco, la torba estratta di fresco è gettata in una macchina trituratrice, simile alla botte Roger per la triturazione dei cementi, dalla quale la torba triturata passa in una macchina a stampo.

Nelle torbiere di Haspelmoor presso Augsbourg che alimentavano la ferrovia di Exter la torba leggera e porosa era rotta da cilindri di $0^m,45$ di diametro armati di denti di 0,05 di lunghezza i quali agivano contro una piastra scanalata. Un filo di acqua umettava i cilindri durante il lavoro, e la torba veniva impastata, tradotta al luogo dello stampo, essendo trattenute le radici e le fibre dai denti dei cilindri.

In altre località, come negli stabilimenti di M. Challeton a Montouger presso Corbeil (Seine e Oise), di M. Roy a Saint-Jean (lago di Bienne), di D. Hebert a Reims e di altri, la triturazione della torba soffice cominciata col mezzo di cilindri dentati è compita in mulini a superfici coniche come quelli da caffè, e coll'uso di una quantità d'acqua sufficiente per farne poltiglia. Essa viene condotta in bacini a filtro, a fondo di stuoje per lo scolo dell'acqua con riquadri di tavolato di altezza calcolata in modo

che lo strato liquido acquisti coll'asciugamento lo spessore di un mattone. In quattro o cinque ore l'acqua è scolata, si divide lo strato in tante formelle senza comprimerle e si lasciano queste disseccare all'aria. La massa così ottenuta però è poco plastica, poco aderente, ed è soggetta a molto consumo nell'asciugamento. L'impastamento coll'acqua richiede quantità considerevole di essa, e molto tempo per l'asciugamento. Alle torbiere d'Haspel presso Augsbourg si introdusse nel 1856 di stampare la polvere di torba, disseccata previamente in un essicatojo, e si constatò che per tal guisa si ottiene un prodotto più compatto e più solido di quello che proviene dalla torba trattata coll'acqua.

Carbonizzazione di combustibili fossili.

Una delle operazioni più importanti sui combustibili fossili è la loro carbonizzazione per ottenere un combustibile privo di ossigene e di idrogene e possibilmente di zolfo, condizione indispensabile per usarlo in certe industrie, come nella lavoratura del ferro e per abbruciarlo in camini aperti. Come si ottiene il coke di carbon fossile, così si è cercato ultimamente di ottenere quello di torba.

Non è nota la data della prima applicazione del coke di carbon fossile come combustibile.

Una patente ottenuta da Geremia Buch nel 1651 tenderebbe a provare che la carbonizzazione fosse nota in Inghilterra fino da quell'epoca. In Francia, dietro Duhammel, l'applicazione del coke daterebbe dal 1769.

I coke che si trovano in commercio, diversi molto per i loro caratteri esterni, porosi e leggeri, compatti e pesanti, teneri e friabili, duri e resistenti, neri ed appannati, grigi o brillanti, diversificano altresì sotto il punto di vista della combustibilità.

Un coke che conviene ad un uso è improprio ad un altro. Le sue qualità dipendono e dalla diversa qualità di carbone da cui è estratto e dal modo di fabbricazione.

I coke del commercio rinchiudono altresì una quantità di acqua che può essere in proporzioni considerevoli. Se l'estrazione è fatta in modo conveniente il coke, secondo Marsilly, non dovrebbe contenere più di 2 a 3 p. % di acqua.

Il coke perfettamente secco, immerso per 24 ore nell'acqua può assorbirne sino a 51 per 100 del suo peso come valor massimo e 12, 5 per 100 come valor minimo, ossia 36,25 per 100 in media.

Per i carboni atti a produrre gaz illuminante, il coke è il residuo della distillazione nelle storte. La decomposizione dell'idrogene bicarbonato esposto alle alte temperatore nelle storte spiega il deposito di carbone in esse. Questo deposito di carbone, residuo di gaz più o meno decarbonato, può avvenire anche sul coke. Si scorgono spesso alla superficie di esso dei fili o capegli solidi che visti al microscopio appajono corone di perle saldate insieme e consistono in carbone originariamente imprigionato in bollicine di gaz.

Rispetto al modo di fabbricazione la qualità di coke dipende sopratutto dal grado della temperatura a cui fu assoggettato e dalla durata della distillazione. Dalle osservazioni di M. Marsilly risulta come regola generale che quanto è maggiore il tempo in cui il carbon fossile rimane esposto ad alta temperatura, più il coke è duro e denso; ma meno è combustibile.

Quando non si distillano i carboni fossili per ottenere gaz illuminante, si carbonizzano, od *in cataste* con metodi che si avvicinano a quelli usati per la carbonizzazione dei legni, od in *larghi forni aperti rettangolari*, o *nei forni a coke* propriamente detti.

La *carbonizzazione in cataste* tende a sparire. M. Gervois (*Annales des Mines*, 3 Ser. tom. X) osserva che nel bacino della Loire la carbonizzazione in aria libera nel 1836 entrava per un terzo della produzione totale di coke e nel 1856 per una frazione insignificante.

I forni aperti rettangolari che si designano più comunemente in Germania col nome di *forni Schaumbourg*, furono nell'alta Slesia applicati sopra grande scala nel 1849 e 1850 nei bacini della Ruter, di Essen e di Saarbruck. I metodi di costruzione e di lavoro vi sono in generale gli stessi usati primamente a Gleiwitz nell'alta Slesia e pubblicati da Brand (1).

La combustione si fa in cassoni di muro superiormente aperti; la circolazione dell'aria avviene per aperture orrizzontali, corrispondentemente praticate nei muri fiancheggianti, a ciascuna delle quali sovrasta un canale verticale praticato nella muratura, che funziona da camino, e per canali praticati nella massa del carbon fossile mediante legni introdotti previamente per le aperture orizzontali e ritirati dopo compiuto il caricamento del forno. Mantenendo aperte le bocche orizzontali da una parte ed i caminetti dall'altra, chiudendo le altre aperture e camini con mat-

(1) Percy. *Traité de métallurgie*, Paris et Liège, 1864. Tom. I, pag. 238.

toni, si determina la tirata attraverso il combustibile che può essere invertita, invertendo l'ordine di chiusura ed apertura delle bocche e dei caminetti. L'operazione è terminata in 8 giorni circa; la fiamma bianca che esala dai caminetti ne dà indizio. Si chiudono allora tutte le aperture ed in due giorni il fuoco è spento.

Secondo Petitgand e Ronna, il principale vantaggio dei forni Schaumbourg è di dare al coke prodotto una densità ed una durezza che gli permettono di resistere ai trasporti. Questa densità fu riconosciuta nel bacino della Ruhr di un quarto maggiore di quella del coke prodotto in vasi chiusi. Pare però che essi non siano opportuni che a certe qualità di carboni fossili. Difatti Rogers li introdusse nel paese di Galles sud; ma Percy, visitando nel 1859 le località in cui questi forni erano stati attivati, trovò opinioni discordi fra quegli industriali sui risultati che se ne ottengono, ed Adams osserva che essi non sono appropriati che ad una sola qualità di carbon fossile; mentre pei buoni carboni ordinarii traggono seco spese e consumo.

I *forni a coke propriamente detti*, nella loro forma più semplice consistono in una camera costrutta con mattoni o con altre sostanze refrattarie, munita di apertura alla parte inferiore e coperta da una volta attraversata da una tramoggia. Questa è la forma primitiva descritta già da lungo tempo da Parkes (Percy, *Traité de métallurgie*, tom. I, p. 247) come usata nelle carbonaie del Duca di Norfolk presso Sheffield. In seguito si è proposto coi forni a coke di realizzare successivamente diversi miglioramenti, vale a dire

a) di impedire per quanto sia possibile lo sperdimento di calore del forno;

b) di regolare l'accesso dell'aria in modo che le materie volatili sviluppate dal carbon fossile siano completamente bruciate;

c) di economizzare il calore perduto affinchè la carbonizzazione si operi egualmente bene dal basso in alto che dall'alto in basso;

d) di facilitare l'estrazione del coke dal forno non solo allo scopo di diminuire le spese di mano d'opera; ma anche la perdita di calore che sempre accompagna lo scarico del forno.

Lasciando da parte le storte per la distillazione del carbon fossile onde trarne il gaz illuminante, industria questa che ha un andamento suo proprio, i forni a coke, qualunque sia la forma

della camera, più o meno ermeticamente chiusa, possono dividersi in due classi principali.

1. Quelli in cui *il calore è concentrato ed utilizzato nell'interno della camera di combustione.* La carbonizzazione si fa dall'alto in basso ed i prodotti della distillazione sono tratti nel camino senza utilizzare l'alta temperatura che hanno.

2. Quelli a *soglia e pareti scaldate.* In questi i gaz sono diretti lateralmente ed inferiormente al fondo, durante il loro tragitto incontrano dei richiami d'aria esterna destinata ad abbruciarli completamente e non arrivano al condotto di scarico nel camino che dopo aver abbandonato alle pareti dei canali in cui circolano la maggior parte del loro calore.

Per questa seconda classe si potrebbe ammettere un'altra suddivisione secondo che l'aria affluisce fredda o previamente scaldata entro i piedritti, sotto la soglia, o nell'interno del camino.

Rispetto però all'uso dell'aria scaldata, osserva l'ingegnere Doublet (3.e *addition au Traité de Percy*, vol. I) che il regolamento di essa è una operazione delicata, la cui difficoltà non compensa sempre i vantaggi supposti di economia di tempo e di combustibile.

I processi di fabbricazione del coke dovettero modificarsi per adattarsi alle qualità progressivamente inferiori dei carboni estratti.

Da principio non si usavano che carboni grassi, di facile combustione e la cui carbonizzazione poteva compirsi agevolmente in cataste. Ma il rapido aumento del consumo di coke, sopratutto pei bisogni della metallurgia e delle ferrovie, obbligò ad intaccare vene di carboni non solo meno grassi ma magri e per lo innanzi rifiutati, e si dovette pensare ad utilizzare, soli o mescolati, i carboni minuti che prima si abbandonavano nella miniera.

Delle due industrie, metallurgia e ferrovia, mentre per quella il bisogno di coke aumenta tutti i giorni a dismisura stante la enorme estensione delle applicazioni del ferro, per queste invece il consumo di coke va sempre diminuendo, dacchè per attenuare le spese di trazione, si abbrucia carbone crudo, agglomerati, minuti, lignite ed anche torba.

Diverse applicazioni richiedono diverse qualità di coke. Negli alti forni occorre coke poco friabile, dovendo sopportare forti pressioni di vento e di minerale; deve provenire da carbone grasso per permettere di ottenere una altissima temperatura; una grande durezza non è necessaria. Per le ferrovie è prescritto secchezza, tenacità e durezza sufficiente; grossezza dei pezzi adatta alla distanza delle barre di griglia ($0^m,04$); titolo di $1\frac{1}{2}$ a 2 per % d'acqua e 5 ad 8 per % di ceneri.

Non è a meravigliarsi quindi se stabilimenti metallurgici importanti e compagnie di ferrovie fabbrichino coke esclusivamente per propio servizio.

I primi elevano i forni a coke al piede stesso degli alti forni, evitando così spese di trasporto e di manutenzione. Le altre, del resto in piccol numero, si applicano allo scavo dei bacini con cui la loro rete di vie è in comunicazione, cercando così l'economia e la regolarità dei prodotti e sottraendosi all'influenza dei mercati. Valga ad esempio la ferrovia dell'Est che nel 1857 costruì 282 forni a coke nel bacino di Saarbrück con tutto il materiale necessario alla triturazione e lavatura dei carboni. Le spese di primo stabilimento fino al chiudere dell'esercizio 1862 si elevarono a 3207647 franchi. La questione economica del primo impianto e quella della destinazione dei prodotti entrano in linea nella scelta d'un forno a coke al pari della qualità dei carboni. Sono calcoli comparativi che è mestieri stabilire in prevenzione.

Appartengono alla prima classe i *forni inglesi* a soglia ovale, elittica o rettangolare. Essi hanno due porte alle estremità del massimo diametro, per le quali si carica e si scarica contemporaneamente, presentando la soglia due declivi verso le porte; ovvero sono disposti a forni addossati con una sola porta ciascuno. Il tipo più completo di questi forni è il *forno Prior*, detto anche *forno Buddicom* dal nome del suo importatore in Francia, e non di rado *forno Sotteville*, dove fu costruito la prima volta sulla linea da Parigi a Rouen. Si trova quivi una batteria di 20 forni, addossati due per due con un camino unico centrale. Nei forni di Seraing il calore perduto ed i gaz vi sono applicati alla produzione del vapore. Otto forni riuniti sostengono una caldaja che produce il vapore necessario per creare la forza di otto cavalli. I forni a soglia ovale si diffusero in Francia per la fabbricazione del coke ad uso delle strade ferrate e nelle località facilmente alimentate coi carboni grassi di Newcastle.

Il quadro seguente riassume i dati più essenziali delle principali costruzioni di queste specie di forni.

	Sotteville	Seraing	Saint-Etienne	
Lunghezza della soglia	3m· 90	5m·	5m· 50	4m· 55
Larghezza »	3m· 40	2m· 50	2m· 60	2m· 90
Altezza della volta sotto la chiave . .	1m· 05	1m· 10	1m· 30	1m· 15
Peso del caricamento di carbone	4000ch·	2500ch·	da 3000ch· a 4500ch·	2640ch·
Durata della carbonizzazione, escluso il periodo di spegnimento	24 a 48ore	24ore	24 a 48ore	24ore

I *forni francesi* a soglia circolare e volta emisferica, funzionano in grande numero nel bacino della Loire nell'Aveyron, nel Belgio ed in alcune parti della Germania. Monsieur Maurice (1) apportò ad essi una modificazione radicale, sopprimendo ogni presa diretta d' aria, e distribuendola egualmente per una serie di spiragli sul contorno ed al di sopra della carica, in guisa da ottenere in tutte le parti del forno una eguale rapidità di carbonizzazione, di abbruciare il gaz a distanza della carica e quindi di diminuire la durata della operazione e le perdite per incenerazione.

Le condizioni principali di questi forni sono:

Diametri.	da	2m, 70	a	4m, 80
Altezza sotto la chiave . .	»	1m, 30	»	2m, 00
Peso del carico	»	3000ch·	»	8000ch·
Durata della carbonizzazione, escluso il periodo di spegnimento.	»	84 ore	»	120ore

Una varietà dei precedenti sistemi sono i *forni rettangolari*, salvo lo svasamento occorrente per lo scarico. Essi vanno generalizzandosi in Inghilterra, in Francia, in Germania e sono anche il punto di partenza degli apparecchi di 2.a classe.

(1) *Mémoires sur la carbonisation dans le bassin de la Loire.* Saint-Etienne, 1861.

Forni di seconda classe.

A misura che diminuisce la qualità grossa dei carboni richiedono essi una temperatura sempre più elevata per carbonizzarsi. Quindi i carboni secchi e magri richiedono che tutte le facce del carico siano soggette a tal grado di calore che esso penetri prontamente nel centro.

La carbonizzazione quindi si effettua nelle condizioni seguenti:

Far circolare i gaz in canali che inviluppano la camicia del forno, bruciarli il più completamente possibile e dare alla circolazione una lunghezza sufficiente perchè possano i gaz abbandonare il loro calore alle pareti, prima di sfuggire nel camino.

Secondo M.r F. Franquoy (1), Walker aveva ottenuto nel 1837 un privilegio in Inghilterra per forni a coke a soglia e pareti scaldate. L'inventore non riescì nei suoi saggi. Più tardi Brunfaut si impadronì dell'idea, l'importò in Francia e nel Belgio e non fu più felice. L'introduzione dell'aria fatta per larghi orifizii spazzava i gaz nei condotti senza abbruciarli.

Finalmente nel 1844 monsieur Dulait de Charleroi introdusse l'aria in fili sottili nell'interno dei condotti. Con questo perfezionamento i forni riuscirono perfettamente. Su questo principio se ne costruirono parecchi nei dintorni di Charleroi. È pure a questa categoria che appartengono i forni Froment, Smith, quelli delle officine del Creuzot e si potrebbe aggiungere tutti i sistemi attuali. I forni a soglia e pareti riscaldate costituiscono il penultimo gradino nella serie degli apparecchi di carbonizzazione, l'ultimo sarebbe la storta a gaz che sarebbe l'espressione la più completa delle camere di carbonizzazione, se non si fosse in presenza della fabbricazione del gaz illuminante che primeggia su quella del coke.

La circolazione dei gaz può effettuarsi in due modi:

1) Essi passano sotto la soglia per risalire in condotti praticati nelle pareti e recarsi al camino.

2) I gaz circolano prima lateralmente per discendere in seguito sotto la soglia.

Ambedue queste disposizioni sono adoperate, e sarebbe difficile lo stabilire un valore comparativo fra esse; purchè i richiami d'aria siano regolati in modo da produrre una temperatura alta ed uniforme.

---

(1) *Des progrés de la fabrication du fer.* Liège, 1861.

Qualunque sia il modo di circolazione, il calore svolto in ciascun forno non scalda nelle costruzioni ordinarie che la soglia ed una delle pareti longitudinali, essendo il regime dell'altra solidario con quello del forno accollato. Perchè la massa infornata fosse soggetta ad una temperatura eguale contro ciascuna delle pareti sarebbe mestieri che lo scarico ed il ricaricamento di tutti i forni si facesse successivamente in un breve spazio di tempo, simultaneità che riesce impossibile in pratica, sia per il gran numero di persone che richiederebbe, sia per le riparazioni che tanto spesso si rendono necessarie ai singoli forni. Il sistema Appolt toglie l'effetto di queste eventualità, isolando ciascun forno in guisa che possa avere un regime proprio, non prendendo dagli altri che il calore concentrato da tutti insieme nella muratura. Si può vedere la descrizione del forno Appolt pubblicata dall'inventore negli *Annales des mines*. Serie 5me., tom. XIII, 1858. Esso fu applicato al Creuzot, a Commentry, nel bacino della Loire, non meno che ad Aubin, a Cransac, a Blanzy, ad Ahun, a Portes, a Languin, a Marquise, a Soulzbach presso Saarbruk dove furono intrapresi i primi tentativi industriali.

I principii generali su cui riposa il forno Appolt sono:

1.) Sviluppo della superficie di riscaldamento nell'interno del forno che permette al carbone infornato di essere penetrato dal calore in modo più eguale e più rapido. Questo aumento di superficie di riscaldamento si ottiene per mezzo di tramezze verticali convenientemente distanti fra loro, tra le quali passano i gaz abbruciando regolarmente e completamente.

2) Diminuzione per una stessa carica della superficie esterna dell'apparecchio, ponendo verticale l'asse maggiore della camera di carbonizzazione.

3) Conseguentemente a questa disposizione, maggiore rapidità nel caricare e scaricare il forno, e maggiore densità del coke prodotto per la maggiore pressione che sopporta.

A riscontro di questi vantaggi però sta il dispendio molto rilevante per il primo impianto. La costruzione è delicata, richiede mattoni di diversi tipi e molta mano d'opera per ridurli a forme precise. I signori Petitgand e Ronna (4me. *addition au Traité de Percy*) narrano che in alcuni luoghi una batteria di forni Appolt costò sino a 170000 franchi. Le riparazioni poi sono molto difficili e l'imperizia di un apparecchiatore può trarre a gravi spese. Perciò questo sistema di carbonizzazione che si diffuse rapidamente in Francia, non fu accolto che con molta riserva in Inghilterra, forse perchè meno reclamatovi dalla buona qualità di carboni fossili di cui è dotata.

Si è già avvertito che si cercò non solo di produrre anche il coke di torba ma di utilizzarlo altresì in sostituzione a quello di carbon fossile. Crediamo quindi che possa non sgradire un cenno anche su questa industria.

La torba disseccata all'aria libera contiene ancora da 20 a 25 per % di acqua; quindi per le operazioni metallurgiche era indispensabile il disseccarla artificialmente affinchè acquistasse maggiore potenza calorifica e fosse atta a produrre temperature più elevate.

Si può vedere nel lavoro di Petitgand e Ronna (Appendice 1.ª all'opera di Percy) la descrizione di alcuni essicatoj in uso in diverse officine di Germania, a Kœnigsbrunn, a Lippitzbach in Carinzia, a Neustadt sul Reno ed altri. In essi si utilizzavano direttamente i gaz prodotti in un focolajo speciale, e quindi oltre al consumo di combustibile si correva il pericolo che eccedendo la temperatura di 100° a 120° la torba si decomponesse, perdendo elementi propri alla produzione di calore ed anche si infiammasse.

In altre officine con un sistema meglio inteso si utilizzano i gaz degli alti forni o che hanno già servito ad altre operazioni e che andrebbero altrimenti perduti. Restano però sempre le spese di mano d'opera per l'ammucchiare e lo smucchiare. Si tentò anche l'essicazione a forza centrifuga per mezzo di turbini; ma il risultato di questi tentativi fu ancor meno favorevole che coi forni. Si aggiunga che la torba disseccata artificialmente, dopo alquanto tempo di esposizione all' aria, riacquista il suo stato igrometrico normale. Viene da ciò che l'essicazione artificiale della torba non parve raggiungere industrialmente i vantaggi che la teoria additava, onde si avvisò meglio, o di carbonizzarla per ottenerne coke di torba, o di distillarlo per abbruciarla nei forni a gaz.

Il bisogno di trovare un succedaneo al carbone di legna fu il primo movente che diresse l'attenzione alla fabbricazione del coke di torba. Nel 1727 William Fallowfield ottenne un brevetto per l'uso della torba carbonizzata. La carbonizzazione si faceva in cataste circolari a guisa di quella dei legni. Analogamente si fabbricava fino dal 1735 il carbone di torba nell'Harz, sostenuto dagli uni, avversato per opposizione interessata da altri che a sostenere il prezzo della legna asserivano improprio il coke di torba alla lavoratura del ferro per i vapori acidi che svolge.

Più tardi (1781) si introdusse nell'Harz la carbonizzazione in un apparecchio ad inviluppo di ferro, che si chiudeva ermeticamente quando la torba costituente la carica era in brage. Questa

torba carbonizzata nelle pianure di Bruckberg era adoperata per la fusione dei minerali di ferro.

Guettard descrisse nel 1761 i migliori forni adoperati allora in Francia nelle torbiere di Villeroy, foggiati a guisa dei forni a calce e con cui si otteneva un carbone ben cotto e sonante.

Nel Nord si continuò a carbonizzare in cataste con poco favorevole risultato, perchè la diminuzione rapida di volume che soffre la torba ed il conseguente divallamento di essa produce crepature così frequenti nel manto della catasta che il carbone si infiamma e brucia in pura perdita. Nondimeno Debette assicura che nell'Erzgebirge si ottiene colla carbonizzazione in cataste un carbone solido, compatto e pesante (1).

All'esposizione generale del 1855 figurava il forno Moreau per la carbonizzazione delle torbe, forno portatile e che richiama quello dell'Harz. Ma tutti i forni in ferro presentano l'inconveniente di essere corrosi e messi rapidamente fuori d'uso per l'azione dei liquidi volatilizzati nella distillazione.

La *carbonizzazione in vasi chiusi* avviene troppo rapidamente ed a temperatura troppo elevata perchè si possa graduare la distillazione in tutta la massa in guisa da evitare ogni consumo di carbone alla superficie in causa dei prodotti della distillazione interna.

In alcuni stabilimenti torbieri d'Irlanda, principalmente nelle vicinanze di Dublino, si comincia l'operazione con un lieve accesso d'aria che abbrucia i gaz e si compie in vaso chiuso (2).

All'officina di Staltach presso Monaco si usano forni analoghi a quelli che Schwartz aveva applicato con successo in Isvezia alla carbonizzazione del legno. Consistono essi in cilindri di lamiera di 5^m di diametro, e $1^m 20$ di altezza rivestiti di muratura con un coperchio mobile che li chiude dall'alto.

La torba riposa sopra una griglia e la sua combustione è alimentata dall'introduzione dei gaz d'uno speciale focolajo esterno. Questi gaz circolando in canali praticati nell'interno della massa di torba, si caricano di prodotti volatili e passano per dei condensatori in cui depongono goudron, prima di arrivare al camino. Il coke così ottenuto è duro, brillante, sonoro, più denso del carbone di legna. Il costo in torba leggera consumata nel riscaldamento equivale a circa $1/4$ della torba con cui si è caricato il forno. Questa dà il 50 per % del suo peso in coke; quindi

(1) *Dictionn. des arts et manufactures*, t. I. Paris, 1853.
(2) PAYEN. *Rapport à M. le Ministre de l'agr. et du Commerce*. Paris, 1850.

il coke prodotto è 0,375 della quantità totale di turba consumata.

Il 19 giugno 1848 Violette presentava una Memoria all'Accademia delle scienze di Parigi sulla carbonizzazione dei legni col vapore acqueo soprascaldato (1).

Nel 1849 M. Vignoles prese il privilegio per l'applicazione del vapor acqueo, soprascaldato al grado di fusione dello stagno ed anche del piombo, alla carbonizzazione della torba. Egli concepì le speranze più vive sull'applicazione della sua invenzione. Ecco come egli stesso la giudica. *Il nuovo metodo di produzione del coke di torba (quasi esente da zolfo) quando la torba adoperata sia compatta, può riguardarsi come un mezzo di ristabilire in parecchi distretti di Irlanda l'industria siderurgica, attesa la qualità superiore del ferro prodotto che potrebbe concorrere coi migliori ferri di Svezia.* In onta a queste aspirazioni, trovasi in un rapporto di Sir Robert Kane (Luglio, 1861) che mentre il coke di torba poteva valere 10fr. 50 la tonnellata, occorrevano tre tonnellate di torba a 5fr. l'una, per ottenerne una di coke; pare però che in questa valutazione egli non abbia tenuto conto per un lato del rialzo dei salari e per l'altro dei perfezionamenti nei metodi di estrazione e dissecazione della torba che ne diminuiscono il prezzo. Nondimeno informazioni ulteriori (*Practical Mechanic's journal.* Avril, 1862) apprendono che il processo Vignole non fu sperimentato in Irlanda. Furono invece istituite delle grandi officine di produzione del coke di torba col processo Vignole a Friessac in Prussia, dove esso è adoperato nella ferrovia di Amburgo. Però il coke ottenuto è troppo friabile per avere applicazioni industriali sopratutto negli alti forni, perchè incapace di sopportare il peso delle materie sovrastanti senza cadere in frantumi. Si toglie questo inconveniente carbonizzando la torba dopo averne ridotto il volume per compressione; ma questo seguito di operazioni aumentandone il costo riduce il vantaggio della applicazione di questo combustibile nella siderurgia.

Nella fabbrica d'armi d'Oberndorf nel Wurtemberg si usa da più anni un forno per la carbonizzazione delle torbe che offre buon risultato. Esso è costituito da una camera cilindrica coperta da una lastra sferica in muratura. Il tutto circondato da un altro cilindro pure in muratura che si eleva al disopra della sommità della tassa. Sono praticate una porta al piede ed un'apertura nel sommo della tassa che si chiudono con lastre di ghisa.

---

(1) *Ann. de Chimie et physique,* 3e Ser., Tom. XXIII, p. 475.

L'intercapedine fra la costruzione interna e l'esterna è ripiena di sabbia. Delle vecchie canne di fucile attraversando le due murature servono a produrre la tirata. Quando dopo l'accensione sia scomparso ogni fumo, si chiudono ermeticamente tutte le aperture. Sei o sette giorni dopo la carbonizzazione è terminata.

Nelle grandi torbiere inglesi di Chatmoss e Bartoumonss si carbonizza in fosse del sistema Baillet o de la Chabeaussière (1). Esse sono fosse ben battute di 3m. di profondità e 4m. di larghezza, in cui l'aria è introdotta sul fondo mediante tubi laterali di terra cotta e possono coprirsi con un cappello mobile convesso di lamine di ferro. Questo coperchio ha un'apertura al sommo che si chiude con tappo di ferro. Quando è in posto lo si ricopre di zolle. Il fumo è condotto da un tubo che parte dall'alto della fossa in una cassa in muratura seguita da vasi di condensazione per raccogliere i prodotti della distillazione. Quando non interessi di raccoglierli, si lascia allora affluire il fumo per quattro spiragli che possono aprirsi intorno al lembo del coperchio.

Con questo sistema la miglior torba nera rende 50 per cento in carbone e 25 per cento solamente la torba leggera.

Applicazione del calore perduto dai forni a coke.

L'applicazione del calore perduto dai forni a coke ad altri riscaldamenti e sopratutto alla produzione di vapore, doveva presentarsi spontaneamente come imitazione dell'uso dei gaz degli alti forni di cui tenne già parola questo periodico nel fascicolo di Maggio.

Se tale idea non raggiunse tosto quel grado di sviluppo che era augurabile è perchè fu sulle prime limitata a quei forni che mandano direttamente le fiamme nel camino, senza circolazione preventiva; categoria di forni che va continuamente diminuendo. Coi forni a circolazione di gaz si temette che la loro temperatura allo scarico fosse troppo tenue per poter essere di nuovo utilizzata con vantaggio. Pare però che nella maggior parte dei casi questa previsione sia contradetta dalla pratica. Al Creuzot, nello stabilimento Schneider, una batteria di sei forni a soglia e pareti scaldate scarica i gaz in un camino comune nell'interno del quale funziona un generatore di vapore verticale scaldato esteriormente.

Nondimeno malgrado alcuni risultati favorevoli, le opinioni sono

---

(1) Peloure. *Fabrication du coke et du charbon de tourbe.* In 8.° Paris.

tuttavia divise sul vantaggio industriale di questa applicazione dei gaz alla produzione di vapore. Nello stabilimento di Seraing, dove come già si disse, vengono utilizzati i gaz a produrre vapore corrispondente ad 80 cavalli di forza, si ottenne secondo Franquoy un'economia annua di 65000 franchi in combustibile senza che fosse alterato l'andamento dei forni a coke. Sul Reno invece ed in Inghilterra, installazioni identiche a quelle di Seraing dovettero essere abbandonate per gli inconvenienti pratici.

L'obbiezione costante che si presentava era la solidarietà fra le due operazioni, produzione di coke e produzione di vapore, sicchè l'una non poteva raggiungere il suo massimo di attività che a scapito dell'altra. Ad ottenere una vantaggiosa commisurazione fra queste operazioni solidali ed antagoniste pare che influiscano qualità dei carboni, attitudine degli operai, assiduità di sorveglianza, ciò che fino ad un certo punto spiegherebbe le opinioni ed i risultati contradditorii.

A Hörde in Vestfalia fu modificata la disposizione di Seraing, praticando due canali a volta sotto la soglia e su tutta la lunghezza della batteria, i quali possono egualmente servire, o solo al passaggio dei gaz, od alla installazione di due caldaje. Un'analoga disposizione era stata adottata da Surmann alla *Societé de Georges-Marie*.

Il calore perduto dai forni a coke ricevette ultimamente una applicazione affatto speciale a Newcastle per riscaldare la temperatura dell'aria mandata dalla macchina soffiante negli alti forni.

Carbone di legna minerale.

Per completare questa rivista sulla carbonizzazione dei carboni fossili ricorderemo che Rogers all'Esposizione universale del 1851 espose dei saggi di coke che egli denominava *Carbone di legna minerale* perchè poteva sostituirsi al carbone di legno nella lavoratura delle lamiere di ferro per le latte, con un processo che egli descrisse solo nel 1858 alla Società degli ingegneri del paese di Galles e che fu trovato identico ad analogo processo pubblicato nel 1826 nel *Catechismo chimico* di Parkes.

Potendo questa specialità di coke giovare in alcune circostanze, crediamo conveniente il riportare qui la descrizione del processo.

« Per ottenere coke analogo al carbone di legna, si getta il « minuto di carbon fossile in un forno simile a quelli dei fornai « portato al rosso. La porta è costantemente aperta, perchè il ca- « lore è sufficiente per scacciare il bitume. Lo sviluppo è attivato

« agitando spesso la massa con barre di ferro. Il coke così ottenuto è di un nero intenso, assai poroso e leggero come la pomice. »

Desolforazione del coke.

Taccio i molti brevetti presi per la carbonizzazione dei carboni fossili magri e secchi mescolati col goudron, ed anche mescolati con materie calcari in polvere allo scopo di depurare il coke dallo zolfo, perchè l'esperienza non ha pronunciato apertamente in favore di questi metodi.

Nondimeno è notorio che portando il carbon fossile al calore rosso, il bisolfuro di ferro (pirite) che contiene, si converte in protosolfuro che si incorpora col coke. In certe operazioni metallurgiche, la presenza del solfuro in quantità apprezzabile nel coke che viene usato riesce assai dannosa; ma la pirite è spesso così internamente collegata ai carboni fossili da riuscire insufficienti per liberarli da essa i mezzi meccanici di depurazione.

Scheerer, facendo passare il vapore ad alta pressione in un forno a coke al rosso, prossimo ad essere scaricato, dopo averne ritirato dei saggi di coke, trovò che da questi saggi al coke estratto dopo subìta l'azione del vapore, la quantità di zolfo contenuta si era ridotta = 4 : 1. Queste esperienze datano dal 1854. Petitgand aveva già applicato fino dal 1838 con successo il vapore alla desolforazione delle blende alle officine di Davos.

Per l'applicazione del vapore alla desolforazione del coke ottennero in seguito il privilegio in Inghilterra i signori Claridge e Roper, allievo quest'ultimo della scuola delle miniere di Londra.

È mestieri ricordare che quando il vapore acquco H O passa sul coke rovente, esso si decompone e si originano nuove combinazioni dell'idrogene e dell'ossigene col carbone, ed anche collo zolfo ove se ne contenga nel coke. Il dottor Frankland pubblicò l'analisi seguente della mescolanza gazzosa risultante dalla azione del vapore sul coke di Derbyshire.

H, e CH_2	56. 9
CO	29. 3
CO_2	13. 8

Si perde quindi una quantità abbastanza rilevante di carbone, lasciando il coke esposto lungamente al vapore acqueo; mentre sopratutto pei coke compatti un contatto breve di essi col vapore è affatto insufficiente per la desolforazione.

M. Calvert di Manchester [1] ottenne il privilegio per un processo di desolforazione del coke col sale comune. Egli spiega così il suo processo. « Coll'azione del calore, il bisolfuro di ferro « si decompone in protosolfuro che al contatto del cloruro di « sodio, forma tra gli altri prodotti del cloruro di ferro. Il clo- « ruro a sua volta in presenza del vapore acqueo si decompone « in ossido di ferro ed in acido cloridrico ». M. Calvert vantò molto i risultati del suo metodo: le sue esperienze però, al dire di Percy [2], non sono abbastanza concludenti.

Ing. Prof. G. CODAZZA.

(1) *Comptes rendus*, t. XXXV, 27 sett. 1852.
(2) *Traité de métallurgie*, t. I, p. 307.

F. BRIOSCHI, *Direttore e Gerente risponsabile.*

Memoria dell'Ing. CAVALLINI sulle Chiuse mobili, fascicolo I.° del volume II.°, Luglio 1866, Parte Tecnica.

	ERRATA	CORRIGE
Pag. 6 linea 4:	Ing. Giacomo Frassi	Ing. Giovanni Frassi
» 11 » 3:	a ed m	a, m ed r
» 11 » 9:	$m = 0,5$ chilogrammi;	$m = 0,5$ decimetri; $p = 0,9$ chilogrammi;
» 13 » 16:	$+(pm(a+x)+q)^2$	$+\left(pm(a+x)+q\right)^2$
Fasc. 2.°, pag. 168, lin. 16 (formola)	$\frac{da}{dt}$	$\frac{dv}{dt}$

Serie IV.ª — Vol. II.º Fasc. III. — Settembre 1866.

IL POLITECNICO.

MEMORIE.

DELL' INFLUENZA DELLE COSTRUZIONI IN FERRO

E

DELLE CORAZZE DEI VASCELLI

SULLE DEVIAZIONI DELLA BUSSOLA.

1. È noto che il ferro, che contengono i vascelli, agisce sull'ago calamitato in tre modi:

1.° Come ferro dolce che subisce l'induzione magnetica dei poli dell' ago;

2.° Come calamita permanente, non essendo il ferro affatto sprovvisto di forza coercitiva in seguito a' processi di lavoratura, che tendono ad incrudirlo, e per l'induzione magnetica subìta durante la lavoratura stessa sotto l'influenza della terra;

3.° Per l'induzione continua che subisce durante la corsa del vascello sotto l'influenza del globo e variabile colla orientazione del vascello stesso.

Il primo di questi effetti è debole e può essere ottenuto od evitato allontanando ogni pezzo di ferro dalla bussola.

Del secondo potrebbe tenersi conto, determinando con esperienze la copia risultante che dipende da esso e che si combina con quella dovuta all'azione terrestre.

Il terzo è il più importante perchè varia colla latitudine del luogo e colla orientazione. L'intensità di questi due effetti dipende

naturalmente dalla massa e dalla distribuzione del ferro che entra nella costruzione del vascello.

2. La poca sensibilità delle antiche bussole e la quantità relativamente limitata di ferro che contenevano i vascelli, non lasciò avvertire di buon' ora le perturbazioni prodotte da esso. Non è che dal 1666 che Denys di Dieppe avvertì la sconcordanza fra due bussole situate in punti lontani sul naviglio. L'astronomo Wales, che accompagnò Cook ne' suoi viaggi, si preoccupò dell'influenza perturbatrice del ferro dei vascelli sulle osservazioni magnetiche. Ma è solo nel 1801 che il capitano Flinders misurò gli errori nelle diverse orientazioni del naviglio, li riconobbe più ampii di quello che si credesse e tentò di evitarli. Parry e Duperrey si preoccuparono di diminuire la massa del ferro, sostituendo cannoni di bronzo a quelli usati prima di ghisa ed adoperando chiodi e caviglie di rame nello spazio che circonda la bussola sino a circa $4^{m.}$ di raggio. Con ciò si attenuavano le cause di errore; non si toglievano quelli sussistenti.

3. Barlow, nella memoria coronata dall'Istituto di Londra e pubblicata nel 1823, insegnò a compensare direttamente gli effetti del ferro de' navigli mediante le sue *piastre di correzione.*

Poisson applicò l'analisi a spiegare l'efficacia delle piastre di correzione in una memoria pubblicata nel vol. V. delle *Memorie dell'Accademia di Francia*, e dimostrò che una massa unica di ferro convenientemente posta, può annullare gli effetti di un numero qualunque di masse irregolarmente distribuite sopra un naviglio, qualunque sia la posizione di esso. Il sig. Archibold Smith dedusse dalle equazioni generali di Poisson una formola che dà la descrizione della bussola in funzione dell'azimut in cui è diretta la testa del vascello e di cinque costanti, dette *coefficienti magnetici*, dipendenti dalla quantità, qualità e posizione del ferro contenuto in esso.

4. Per avere dati onde valutare questi coefficenti nei diversi casi, venne istituito nell'ammiragliato a Londra un dipartimento della bussola, *Compass-Department*, 1843, e fu in esso costituita una Commissione incaricata di un periodico esame delle perturbazioni cagionate dal ferro sulla bussola in ciascuna delle navi dello Stato « nell'interesse della navigazione e della scienza ». Le note dei Lord Commissarii dell'ammiragliato conservate nell'ufficio idrografico, *Hydrographic-Office*, servirono alle investigazioni raccolte in una memoria pubblicata da Frederick John Evans ed Archibold Smith nelle transazioni filosofiche per l'anno 1860, col titolo: *Riduzione e discussione delle deviazioni della bus-*

sola, ecc., presentato per l'interesse scientifico che offre alla Società Reale colla sanzione degli stessi Lord Commissarii dell'ammiragliato.

Dal 1860 in poi importantissimi cambiamenti avvennero sopratutto nella costruzione dei vascelli da guerra che furono accompagnati da corrispondenti variazioni nelle perturbazioni magnetiche delle loro bussole. Non solo, aumentando le dimensioni e la forza dei vascelli, si accrebbe la massa e la superficie del ferro usato nella costruzione di quelle parti che già si facevano in ferro; ma si pose il ferro in costruzioni in cui prima non era impiegato e con spessori non mai prima adoperati. Tali sono gli alberi e le antenne in ferro, le piastre di corazza e le torrette per batterie.

Questi cambiamenti influirono materialmente sul problema della correzione della deviazione della bussola, non solo aumentando grandemente gli errori di cui prima si era tenuto conto; ma dando importanza ad errori e cause di errori che per lo innanzi potevano considerarsi come trascurabili. Questi cambiamenti suggerirono la convenienza di una completa revisione della teoria matematica delle variazioni della bussola e del metodo pratico di riconoscerle.

5. Questa revisione venne intrapresa dagli stessi Signori Evans e Smith, ed i risultati di essa sono contenuti nel « Manuale dell' ammiragliato per accertare ed applicare le deviazioni della bussola, cagionate dal ferro ne' vascelli » pubblicato per ordine degli stessi Lord Commissarii dell'Ammiragliato. London, Potter, 1862. 2.me edition 1863; e subito tradotto in russo, in francese ed in tedesco. In seguito questa revisione venne dagli stessi completata in una memoria presentata alla Società Reale *On the Magnetic character of the armourplated Ships of the Royal Navy*, e pubblicata nelle transazioni per l' anno 1865.

L'importanza che i vascelli in ferro e le navi corazzate acquistarono anche nella nostra marina nazionale suggerisce la convenienza di offrire ai lettori del *Politecnico* una rivista di questi nuovi ed importanti studii, facendola precedere da alcuni cenni teorici che ne facilitino l' intelligenza.

§ 1. Premesse teoriche.

6. *Campo magnetico.*

La presenza d'una calamita modifica in qualche modo lo spazio circostante ad essa, sicchè un'altra magnete posta in quello spazio subisce un'azione particolare. Lo spazio circondante una magnete a cui si estende questa azione dicesi *campo magnetico*, e l'azione di una magnete in un punto esterno ad essa si considera attribuita alla condizione del campo magnetico, in quel punto.

Questo modo di vedere è tanto più appropriato in quanto che le condizioni locali del campo magnetico, o di una determinata parte di spazio possono egualmente prodursi per l'azione di una calamita che per quella di un circuito elettrico senza presenza di magnete.

Poichè le condizioni dei diversi punti del campo magnetico consistono nella presenza di forze agenti in quei punti, si possono esprimere numericamente le condizioni del campo misurando la intensità e la direzione della forza. Questa direzione in ciascun punto è la direzione con cui la forza tende a movere un polo libero, e l'intensità I del campo è proporzionale all'intensità dell'azione f con cui opera su questo polo libero, la quale è alla sua volta proporzionale alla intensità m dello stato magnetico del polo. Per ciò si ha la relazione

$$f = m\, I$$

In realtà non si può avere un polo unico, interamente libero e disgiunto dal suo polo opposto; questa finzione mentale suppone una calamita di cui la distanza fra i due poli sia grandissima rispetto alla estensione del campo che si considera.

L'azione del campo sopra una calamita di piccolissime dimensioni relative ad esso, decomposta in una *forza* ed una *copia*, è tale che l'azione della copia tende a disporre la congiungente i poli nella direzione della *forza*. L'intensità della copia C è proporzionale alla intensità I del campo, all'intensità m di stato magnetico dei poli ed alla distanza l fra essi. Sarà perciò

$$C = m\,l\,I$$

Il prodotto $m\,l$ dicesi *momento magnetico* della magnete posta nel campo, e se l'intensità del campo in quel posto sia eguale all'unità, l'intensità della copia misura il *momento magnetico*.

7. *Linee di forza.*

Per ogni punto del campo si può tracciare una linea inviluppante le successive direzioni della *forza*. Essa prende il nome di *linea di forza magnetica*.

Devesi a Faraday il concetto di esplorare il campo magnetico indicando la grandezza e direzione della forza in ciascun punto (1).

Descrivendo un numero conveniente di tali linee si rappresentano le condizioni del campo.

Quando certi corpi, come il ferro dolce, sono posti nel campo magnetico riescono magnetizzati per induzione. Il fantasma magnetico che si ottiene spargendo della limatura di ferro sopra un foglio sovrapposto ad una calamita, rappresenta quindi il sistema delle linee di forza in quel piano, perchè ciascuna particella, divenendo calamita riesce per l'azione della calamita sottoposta disposta nella direzione della forza.

Maxwell (2) ha dimostrato che se « *in una parte qualsiasi del campo magnetico il numero delle linee passanti attraverso l'unità di area sia proporzionale alla intensità magnetica del campo in quel luogo, la stessa proporzionalità sussiste lungo tutto il corso di quelle linee* ».

Perciò se in una determinata parte del percorso di una linea di forza ne tracceremo altre a tale distanza da quella che il numero delle linee che attraversano normalmente una unità di area rappresenti il numero di unità di intensità magnetica del campo in quel luogo, allora l'intensità magnetica del campo in altro luogo, lungo il percorso di quelle linee, sarà rappresentata dal numero di esse che attraversano un'unità di area.

Se le linee di forza siano parallele ed equidistanti fra loro, il campo magnetico dicesi *uniforme*. Tale campo non può prodursi artificialmente che per combinazioni particolari di magneti; ma una piccolissima porzione di campo a grandissima distanza dai

(1) *Experimental Researches.* V. III. art. 3122 .....
(2) *On Farady's lines of Force.* Cambridge Phil. Trans. 1857.

poli è semplicemente uniforme. Così in spazii limitati è sensibilmente uniforme il campo magnetico dovuto all' azione del globo.

8. *Potenziale.*

L'idea del potenziale come funzione matematica avente valori diversi a diversi punti dello spazio fu introdotta da Laplace [1]. La denominazione e l'applicazione di questa funzione ad un grande numero di investigazioni elettriche e magnetiche fu introdotta da Green [2].

Un corpo magnetizzato in modo regolare od irregolare può sempre considerarsi come l' insieme di barre elementari magnetizzate longitudinalmente e variabili di intensità e direzione nelle diverse posizioni entro il corpo.

Se l è la distanza fra i poli d'una barra elementare; d, d' la loro distanza da un punto del campo; θ l' angolo che la retta $\frac{1}{2}l$ rivolta al polo positivo fa colla congiungente il suo punto di mezzo al punto del campo che si considera; r la lunghezza di questa congiungente, ed m l' intensità di stato magnetico a ciascuno dei poli, sarà:

$$P = \pm m \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d'}\right)$$

$$= \pm m \left\{\frac{1}{\left(r^2 - rl\cos.\theta + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}} - \frac{1}{\left(r^2 + rl\cos.\theta + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{1}{2}}}\right\}$$

il potenziale di essa al detto punto. Sviluppando questa espressione secondo le potenze di l e trascurando i termini che contenono potenze di l superiori alla prima, si ha

$$P = \frac{ml\cos.\theta}{r^2} \qquad (1)$$

9. Se si considera un volume elementare dv, di cui i sia l'intensità dello stato magnetico, e che si possa considerare l'aggregato di tante barre elementari magnetizzate parallelamente; per un punto esterno a distanza finita, si potrà ritenere r, e cos. θ co-

(1) *Mécanique Celeste*, liv. III.

(2) *Essay on the application of mathematical Analysis to the Teories of Electricity and Magnetism.*

stanti entro l'estensione di dv. Sarà quindi per il volume di cui dv è un elemento

$$P = \int \frac{i \cos. \theta}{r^2} dv \qquad (2)$$

10. *Intensità di magnetizzazione di un solido uniformemente magnetizzato* è il momento magnetico dell' unità del suo volume. Perciò *l'intensità di magnetizzazione* di una magnete qualsiasi è misurata dal momento magnetico di essa divisa per il volume.

Quando un corpo sia magnetizzato per induzione, l' intensità della magnetizzazione è prossimamente proporzionale alla intensità del campo in cui si trova.

11. *Potenziale di uno strato magnetico.* Il potenziale di uno strato magnetizzato in direzione normale è misurato *dal prodotto dell'angolo solido che ha il vertice al punto* M *a cui si riferisce il potenziale e che è sotteso dallo strato, per l' intensità dello stato magnetico dello strato stesso.*

Questo teorema, dovuto a Gauss e da lui dimostrato nella memoria: *Sulla teoria generale del magnetismo terrestre,* risulta evidente sostituendo dS in luogo di dv nella (2), dove dS rappresenta un'estensione elementare dello strato S. Difatti $\frac{dS \cos. \theta}{r^2}$ è l'angolo solido sotteso da dS ed avente il vertice in M, e poichè il potenziale totale è la somma di potenziali parziali, così riesce dimostrata la proprietà dichiarata. Da essa si riducono le due seguenti.

12. L' espressione $\frac{dS \cos. \theta}{r^2}$ è positiva o negativa secondo che sia positivo o negativo cos. θ. Perciò l'angolo solido suddetto si considererà positivo o negativo secondo che M sia dalla parte positiva o negativa dello strato.

13. Il potenziale di uno strato magnetico ad un punto esterno è indipendente dalla forma dello strato e dipende solo dal suo contorno.

14. L'azione mutua fra due magneti consiste di una forza e di una copia le cui intensità sono nella ragione composta delle intensità di magnetizzazione delle due magneti.

Se una delle magneti è permanente e l'altra sia costituita dalla induzione della prima, l'intensità di magnetizzazione di questa dipende dalla intensità di quella o meglio dalla intensità del

campo nella posizione in cui si trova e dalla natura della sostanza indotta.

Coefficente di induzione magnetica dicesi il rapporto fra la intensità della magnetizzazione della maguete indotta, e la intensità del campo. Esso è rappresentato col simbolo $\varkappa$ da Neumann (1), e da Weber (2).

Weber assegna per $\varkappa$ i seguenti valori relativi alle diverse sostanze:

	$\varkappa$
Acciajo temperato e magnetizzato . .	4.091
Acciajo temperato senza magnetismo permanente	4.934
Acciajo non temperato	5.610
Ferro dolce.	36. —

Thalen (3) trovò per sei *specimen* di ferro dolce, accuratamente preparati, i seguenti valori:

Specimen	$\varkappa$
1	34. 58
2	27. 24
3	45. 26
4	32. 25
5	44. 23
6	36. 96
Media . . .	36. 75

Dalle osservazioni sulle barre di ferro date da Scoresby (4) si deduce:

	$\varkappa$
Verghe di ferro non battuto	16. 77
Verghe di ferro battuto	44. 07

Da questi dati e dalle proprie osservazioni il sig. Evans deduce che per le piastre di ferro usate nelle costruzioni navali, $\varkappa$ può variare da 10 a 30.

(1) Crellés, *Iournal*, vol. XXXVII, pag. 21.
(2) Götting, *Trans.*, vol. VI, pag. 20.
(3) *Nov. Act. Soc. Reg.* Upsal, 1861.
(4) *Magnetical Investigations*, vol. II, pag. 320.

§ 2. Influenza del ferro dei vascelli sulla bussola.

15. Il metodo del capitano Parry per rendersi conto di questa influenza, paragonava le indicazioni della bussola del naviglio a cui dava successivamente diverse inclinazioni con quelle di un'altra bussola posta in una stazione di terra. A tal uopo due osservatori mirando l'uno all'altro, in un dato istante segnalato, ciascuno di essi osservava l'angolo che l'asse comune dei due canocchiali faceva col proprio ago. Determinando le orientazioni mediante le osservazioni astronomiche, si poteva stabilire e registrare per ciascuna di esse la deviazione dovuta all'influenza del ferro del vascello perturbante quella della forza direttrice della terra. Ripetendo queste indagini in diverse località, in diverse latitudini, in diverse stagioni si ottengono delle serie di dati che servono alla valutazione di quell'influenza.

16. Per collegar i dati di queste osservazioni si usò sin qui, e si usa ancora per deviazioni che non superino i 20°, la formola dedotta da Smith dalle equazioni di Poisson, di cui si è fatto parola al n. 3.

Questa formola è la seguente:

$$\delta = A' + B' \text{sen.}\,\zeta' + C' \cos.\,\zeta' + D' \text{sen.}\,2\zeta' + E' \cos.\,2\zeta' \quad \text{(I)}$$

dove A', D', E' sono costanti che dipendono solo dalla quantità, qualità e distribuzione del ferro nel vascello; B', C' oltre a questi elementi dipendono anche dalla inclinazione e dalla intensità orizzontale e ζ' è l'azimut della prora del vascello per la bussola perturbata, valutato dal Nord magnetico all'Est. Si trova questa formola nel *Practical Rules for ascertaining the Deviation of the Compass which are caused by the Ship's Iron* pubblicate dall'ammiragliato di Londra nel 1855.

17. A quel tempo le osservazioni della forza orizzontale e verticale non entravano nella pratica ordinaria a bordo dei vascelli, comunque parecchie e ragguardevoli ne fossero state fatte dal Comitato della bussola (*Compass Commitee*) di Liverpool e non si avevano formole per dedurre da tali osservazioni la parte di deviazione dovuta all'una od all'altra di queste cause. Anche i signori Evans e Smith nella memoria del 1860 si limitano alla

discussione dei valori dei coefficienti che entrano nella (I) dedotti dalle osservazioni della sola deviazione.

18. I nuovi modi di costruzione misero in evidenza la diminuzione della forza direttrice media che risente l'ago della bussola nei vascelli in ferro particolarmente se, a difesa, sia collocata fra due punti di ferro. Egli è noto che nell'interno di un denso strato di ferro l'effetto della forza magnetica terrestre è prossimamente insensibile a cagione dell'opposto magnetismo indotto che prossimamente neutralizza il magnetismo terrestre, qualunque sia la capacità induttiva dello strato e lo spessore di esso, purchè abbia un rapporto finito col diametro. Questa diminuzione direttiva è però ancora sensibile quando lo strato sia sottile.

19. Un vascello in ferro, perciò che spetta all'azione della bussola posta fra due punti, può paragonarsi ad uno strato di ferro sottile. Prima del varamento, quando ciascuna particella di ferro nella sua struttura per il continuo lavoro al maglio ed al martello venne saturata di magnetismo, il vascello può paragonarsi ad uno strato sottile di alta capacità induttiva (n. 14), e l'azione direttrice sull'ago nell'interno è per conseguenza assai diminuita. Quando il vascello è varato e posto successivamente in diversi azimut, esso può paragonarsi ad uno strato sottile di più debole capacità induttiva. La media forza direttiva sull'ago nel suo interno è tuttavia considerevolmente diminuita, ma la diminuzione dipende sempre più dallo spessore del ferro circuente.

Tuttavia questa diminuzione fu trovata così considerevole nel caso dei vascelli in ferro e sopratutto dei corazzati, da riescire argomento di serie considerazioni nella scelta della posizione della bussola.

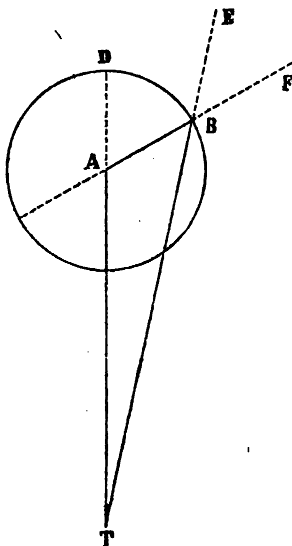
20. L'astronomo Airy nella sua memoria: *Discussione delle deviazioni della bussola osservate in diversi vascelli di legno o di ferro* (1), distingue la deviazione *magneto-polare* prodotta dalla risultante delle azioni direttrici della terra e di una calamita permanente e la *deviazione quadrantale* prodotta dalla risultante dell'azione direttiva della terra e di quella del magnetismo transiente indotto in una massa di ferro che al variare dell'orientazione del vascello, ruotando intorno alla bussola nel piano di essa, può nella sua posizione variabile cambiare di quadrante rispetto al diametro occupato in ciascuna di esse posizioni dell'ago. Alla deviazione *magneto-polare* il sig. Smith diede il nome di *deviazione semicircolare*. Rispetto

---

(1) London, Phil. Frans. 1856.

alla *deviazione magneto-polare*, se TA rappresenti in grandezza e direzione la forza direttrice della terra, ed AB analogamente quella della calamita permanente, essendo B l'estremo che ha il magnetismo boreale, l'azione direttrice sulla bussola sarà rappre-

Fig. I.ª

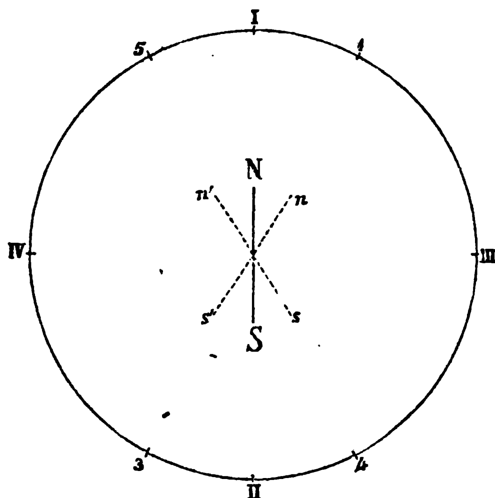


sentata da TB, e sarà $ATB = \delta$ la deviazione, $DAB = a$ l'azimut vero della calamita permanente ed $EBF = ABT = \alpha$ l'azimut apparente di essa. La figura offre subito:

$$\frac{\text{sen. } \delta}{\text{sen. } \alpha} = \frac{AB}{AT}; \quad \text{tang. } \delta = \frac{AB \text{ sen. } a}{TA + AB \cos. a}$$

che danno la deviazione e l'azimut apparente in funzione dell'azimut vero.

Fig. 2.ª



Rappresentando con SN la direzione imperturbata dell'ago, se la massa ridotta sia posta in una delle posizioni I, II, III, IV essa non disturba l'azione direttrice della terra. Se sia posta in una posizione 1, ovvero 3, essa tende a deviare NS nella direzione ns, e se sia posta in una posizione 4 ovvero 5 tende a deviare l'ago nella direzione $n's'$.

Poisson discutendo il metodo di Barlow nella memoria citata, ha dedotto dalla sua analisi che la deviazione quadrantale può essere corretta da un'altra massa di ferro dolce eguale alla prima e posta ad un quadrante di distanza da essa.

Airy trovò quindi che l'intera perlustrazione della bussola, sopra un vascello di legno o di ferro è rappresentabile dalla somma degli effetti di due forze che separatamente produrrebbero le due perturbazioni *magneto-polare* e *quadrantale,*

Il problema pratico quindi, secondo Airy, per analizzare una data serie di deviazioni della bussola si riduce alla separazione dei due effetti, essendo la seconda deviazione soggetta a correzione, e

per facilitare questa separazione e rendere il processo diretto e definitivo calcolò delle tavole a doppia entrata delle deviazioni polari, nelle quali uno degli argomenti è l'azimut apparente della prora del vascello riferito alla posizione neutrale della magnete polare, ossia l'azimut di questo misurato dalla posizione perturbata della bussola (l'angolo EBT della fig. 1); l'altro argomento è il modulo, ossia il rapporto $\frac{AB}{AF}$ (fig. 1). Queste tavole sono in appendice alla citata sua memoria.

21. Determinando il valore di δ in sei orientazioni diverse, ossia per sei valori diversi di ζ, si potranno determinare per ciascun vascello e per ciascuna stazione i valori dei coefficienti A', B', C'.... che entrano nella I. In appendice alla memoria del 1860 dei sig. Evans e Smith, si vedono registrati questi valori per un gran numero di navigli della marina di guerra inglese e per ciascuno in molte stazioni.

22. Ma un errore di maggiore importanza che è stato messo in evidenza nella classe moderna di battelli in ferro è l'errore di inflessione o di sollevamento « *the heeling error* ».

L'attuale processo di ottenere le deviazioni col girare la prora in diversi azimut vale se il vascello sia in posizione diritta. Quando venga a sollevarsi da banda, l'esperienza chiarì che l'estremo Nord dell'ago è tratto o dalla parte che spira il vento o dalla parte opposta. Ciò non solo produce una deviazione che può cagionare serii errori nella corsa del vascello, ma se il naviglio oscilla e particolarmente se il periodo di ciascuna oscillazione si approsima al periodo di oscillazione della bussola, si producono tali movimenti nell'ago di questa da riescire temporariamente inutile per il governo del naviglio. Fortunatamente non è difficile la correzione meccanica di questo errore, quando sia precisata la grandezza della sua influenza. L'applicazione delle formole di Poisson offre un mezzo facile di fare questa determinazione. Ricordando perciò quelle formole che si trovano nella memoria citata, e delle quali offriremo in seguito una rappresentazione fisica semplicissima, credo conveniente il mostrare come si derivi da esse la formola pratica per il calcolo degli errori prodotti dalle diverse influenze.

§ 3. Formola per il calcolo delle perturbazioni della bussola e sua discussione.

23. Se le componenti dell' azione della terra sulla bussola siano rappresentate da:

X nella direzione volta a prora
Y » » di destra guardando la prora
Z » » verticale diretta al nadir

e se siano analogamente e nelle eguali rispettive direzioni, rappresentate con P, Q, R le componenti del magnetismo permanente del vascello, e con X, Y, Z quelle dell' azione totale della terra e del vascello; si hanno fra queste quantità le seguenti relazioni fondamentali assegnate da Poisson (1).

$$X' - X = a X + b Y + c Z + P \qquad (1)$$
$$Y' - Y = d X + e Y + f Z + Q \qquad (2)$$
$$Z' - Z = g X + h Y + k Z + R \qquad (3)$$

in cui a, b, c, d, e, f, g, h, k, sono coefficienti dipendenti dalla quantità e distribuzione del ferro dolce del vascello.

24. Per adattare queste formole all' osservazione si rappresenti con

H l' azione direttrice orizzontale della terra.
ζ l' azimut orientale della prora misurato dal Nord magnetico corretto.
θ l' inclinazione.

Sarà manifestamente $X = H \cos.\zeta$, $Y = -H \operatorname{sen}.\zeta$, $Z = H \operatorname{tang}.\theta$.

(1) *Mémoires de l'Institut.*, vol. V, pag. 533.

Sostituendo questi valori e dividendo le (1) e (2) per H e la (3) per $Z =$ tang. θ si ha:

$$\frac{X' - X}{H} = a \cos.\zeta - b \text{ sen. } \zeta + c \text{ tang. } \theta + \frac{P}{H} \qquad (4)$$

$$\frac{Y' - Y}{H} = d \cos.\zeta - e \text{ sen. } \zeta + f \text{ tang. } \theta + \frac{Q}{H} \qquad (5)$$

$$\frac{Z}{\zeta} = \frac{g}{\text{tang.}\,\theta} \cdot \cos.\zeta - \frac{h}{\text{tang.}\,\theta} \text{ sen. } \zeta + 1 + k + \frac{R}{Z} \qquad (6)$$

Ora, trasportando i termini $-\frac{X}{H}$ e $-\frac{Y}{H}$ nei secondi membri rispettivi, si risolvano le due forze $\frac{X'}{H}$, $\frac{Y'}{H}$ nelle direzioni del Nord magnetico e dell'Est. A tal uopo, per avere la somma delle componenti al Nord, basterà dalla prima, moltiplicata per cos.ζ, sottrarre la seconda moltiplicata per sen. ζ, e per aver la somma delle componenti all' Est, basterà alla prima, moltiplicata per sen. ζ, aggiungere la seconda moltiplicata per cos. ζ. Si avranno perciò, ricordando le formole:

$$\cos.^2 \zeta = \frac{1 + \cos.\,2\zeta}{2}, \qquad \text{sen.}^2 \zeta = \frac{1 - \cos.\,2\zeta}{2},$$

le seguenti risultanti:

$$\left.\begin{aligned} X' \cos.\zeta - Y' \text{ sen. } \zeta = 1 + \frac{a + e}{2} \\ + \left(c \text{ tang. } \theta + \frac{P}{H}\right) \cos.\zeta - \left(f \text{ tang. } \theta + \frac{Q}{H}\right) \text{ sen. } \zeta \\ + \frac{a - e}{2} \cos.\,2\zeta \, \frac{d + b}{2} \text{ sen. } 2\zeta \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

$$\left.\begin{aligned} X' \text{ sen. } \zeta + Y' \cos.\zeta = \frac{d - b}{2} \\ + \left(c \text{ tang. } \theta + \frac{P}{H}\right) \text{ sen. } \zeta + \left(f \text{ tang. } \theta + \frac{Q}{H}\right) \cos.\zeta \\ + \frac{a - e}{2} \text{ sen. } 2\zeta + \frac{d + b}{2} \cos.\,2\zeta \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

Il termine non periodico nella (7) moltiplicato per H, ossia: $\left(1 + \frac{a+e}{2}\right) H$, rappresenta il valor medio della componente Nord della forza risultante della terra e del vascello.

Rappresentando con H' la *forza direttrice risultante della terra e del vascello sull' ago* e con δ la deviazione, si potrà scrivere H' cos. δ ed H' sen. δ rispettivamente in luogo de' primi membri delle (7), (8). Ponendo ciò per semplicità

$$\lambda = 1 + \frac{a+e}{2}, \quad A = \frac{d-b}{\lambda}, \quad B = \frac{1}{\lambda}\left(c \text{ tang. } \theta + \left(\frac{P}{H}\right)\right.$$

$$D = \frac{a-e}{2\lambda}, \quad E = \frac{d+b}{2\lambda}, \quad C = \frac{1}{\lambda}\left(f \text{ tang. } \theta + \frac{Q}{H}\right)$$

dividendo le (7) e (8) per λH, si avrà da esse:

$$\text{tang. } \delta = \frac{A + B \text{ sen. } \zeta + C \cos. \zeta + D \text{ sen. } 2\zeta + E \cos. 2\zeta}{1 + B \cos. \zeta - C \text{sen. } \zeta + D \cos. 2\zeta - E \text{ sen. } 2\zeta} \quad (9)$$

Se si rappresenta con ζ' l' azimut della prora misurato dalla direzione dell' ago perturbato, sarà $\zeta' = \zeta - \delta$. Ponendo adunque $\frac{\text{sen. } \delta}{\cos. \delta}$ in luogo di tang. δ, e $\zeta' + \delta$ in luogo di ζ nella (9), e

riducendo, si ottiene:

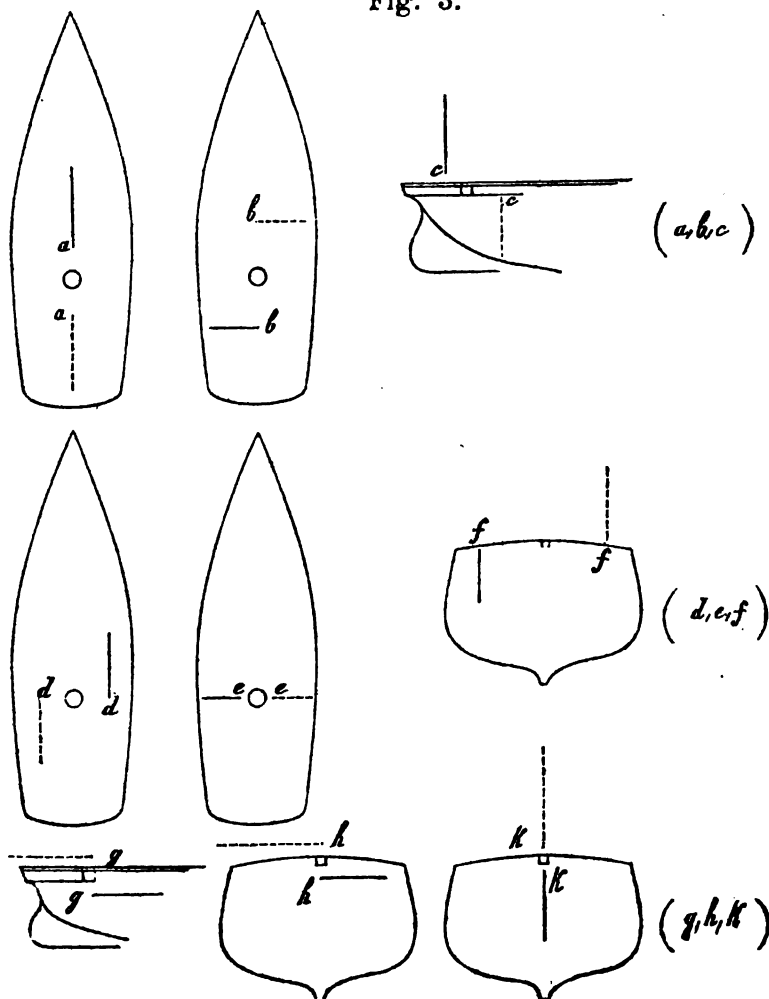
$$\begin{aligned} \text{sen. } \delta = A \cos. \delta + B \text{sen. } \zeta' + C \cos. \zeta' + D \text{sen. } (2\zeta' + \delta) \\ + E \cos. (2\zeta' + \delta) \qquad \text{(II)} \end{aligned}$$

e se si ritengano le deviazioni piccolissime, si avrà prossimamente la formola già citata al num. 16 e contrassegnata (I)

$$\delta = A' + B' \text{ sen. } \zeta' + C' \cos. \zeta' + D' \text{ sen. } 2\zeta' + E' \cos. 2\zeta' \quad \text{(I)}$$

in cui A', B', C'.... rappresentano prossimamente gli archi di cui A, B, C.... sono i seni. La condizione per cui si passa dalla (II) alla (I) chiarisce ciò che si è detto al n. 16 del limite di deviazione entro cui può ritenersi attendibile questa formola. Volendo tener conto di più forti deviazioni e dell'errore di sollevamento è mestieri ricorrere alla (II) di cui passeremo a discutere i coefficenti. Innanzi procedere a questa discussione però crediamo conveniente esporre la rappresentazione fisica delle equazioni fonda-

Fig. 3.ª



mentali di Poisson, così semplici e che offrono tanta facilità di valutare gli effetti delle diverse disposizioni del ferro in un vascello sulla bussola.

25. Se una barra diritta, sommamente sottile, di ferro dolce sia magnetizzata per induzione della terra, si otterrà lo stesso effetto che se ciascuna estremità divenisse un polo con una intensità che sarebbe nella ragione composta della sezione della barra, del suo coefficente di induzione e della componente della forza terrestre parallela alla barra. Si considerino ora nove barre disposte come nella fig. 3 colle linee fisse, ovvero colle punteggiate, e limitandoci al caso in cui i coefficenti a, b, c sono positivi, considereremo solo l'azione del polo vicino, come se l'altro fosse ad un'infinita distanza. Considerando il primo gruppo (a, b, c) è facile avvertire che le barre a non possono essere magnetizzate che dalla componente X dell'azione terrestre; le b dalla componente Y e le c dalla componente Z. Saranno perciò aX, bY, cZ le forze con cui operano sull'ago quando si considerino a, b, c le intensità dei poli segnati con questi nomi. Siccome poi le barre sono ideali, si può supporre che esse non esercitino fra loro alcuna azione. La risultante delle azioni delle tre barre darà perciò una forza diretta alla prora $aX + bY + cZ$. Similmente il gruppo (d, e, f) darebbe una forza trasversale $dX + eY + fZ$, ed il gruppo (g, e, h) una forza verticale $gX + hY + kZ$.

Confrontando questi risultati colle formole del n. 22 si vede che all'effetto del ferro dolce del vascello, comunque complicata ne sia la distribuzione, si può sempre sostituire l'effetto di nove barre ideali di ferro dolce.

Questo schema servirà a chiarire ad occhio il significato dei coefficenti, oltre alla loro origine analitica.

26. Se il ferro dolce del vascello sia simmetricamente distribuito intorno al piano verticale che va da prora a poppa attraverso la bussola, allora

$$b = 0\,, \quad d = 0\,, \quad f = 0\,,$$

da cui

$$A = 0, \quad E = 0$$

$$A' = 0, \quad E' = 0$$

27. Passando ora a considerare i diversi coefficenti, si osservi che

$\lambda = 1 + \frac{a+e}{2}$ è un fattore generalmente minore di uno, perchè il suo prodotto per H rappresenta una componente di H.

$A = \frac{d-b}{2\lambda}$ è il coefficente costante della deviazione, che è zero nel caso di simmetria avvertito precedentemente, ed in generale rappresenta un errore nella declinazione della bussola. Il binomio B sen. $\zeta' + C$ cos. ζ' rappresenta la deviazione semicircolare.

$B = \frac{1}{\lambda}\left(c \text{ tang. } \theta + \frac{P}{H}\right)$ è il massimo della deviazione *semicircolare* (secondo Smith), o *magneto polare* (secondo Airy) prodotta dalle forze che operano da prora a poppa. $\frac{c}{\lambda}$ tang. θ proviene dal ferro dolce, $\frac{P}{\lambda H}$ dal ferro magnetizzato in modo permanente.

$C = \frac{1}{\lambda}\left(f \text{ tang. } \theta + \frac{Q}{H}\right)$ è il massimo della deviazione semicircolare dovuta alle forze trasversali. $\frac{f}{\lambda}$ tang. θ dipende dal ferro dolce ed è nullo nel caso di simmetria contemplato nel numero precedente. $\frac{Q}{\lambda H}$ dipende dal ferro magnetizzato permanentemente.

$\sqrt{B^2 + C^2}$ è il massimo della deviazione semicircolare.

$\frac{C}{B}$ la tangente dell'angolo misurato a tribordo (a destra dell'osservatore che guarda la prora) che fa colla direzione da poppa a prora la direzione della forza che produce la deviazione semicircolare. Il binomio D sen. $2\zeta' + K$ cos. $2\zeta'$ rappresenta la deviazione quadrantale che non puó essere prodotta che dalla induzione orizzontale nel ferro dolce.

$D = \frac{a - e}{2\lambda}$ è il massimo della deviazione quadrantale dipendente dal ferro dolce simmetricamente disposto. $\frac{a}{2\lambda}$ dipende dal ferro dolce situato sulla direzione da prora a poppa; $-\frac{e}{2\lambda}$ dal ferro trasversale.

$E = \frac{b + d}{2\lambda}$ è il maximum della deviazione quadrantale dipendente dal ferro dolce non simmetricamente disposto.

28. Rappresentando con μ la somma dei termini non periodici, diversi dalla unità, che entrano nella (6), ossia ponendo $\mu = K + \frac{R}{Z}$, sarà

$\frac{1}{\lambda}\left(\mu - \frac{e}{2}\right)$ tang. $\theta = \left(D + \frac{\mu + 1}{\lambda} - 1\right)$ tang. θ la deviazione dell'ago verso il vento misurata in gradi per ogni grado di inflessione, quando la prora sia rivolta verso il Nord o verso il Sud.

$-\frac{e}{2\lambda}$ tang. θ è la parte dovuta al ferro dolce trasversale.

$\frac{\mu}{\lambda}$ tang. θ quella dovuta al ferro dolce verticale ed alla forza verticale proveniente dal ferro magnetizzato.

g tang. θ è l'aumento, o decremento della forza verticale sopra, o sotto la media, quando la prora è al Nord o al Sud.

29. Riesce chiarito da questa discussione di quale interesse tecnico e pratico sia questa separazione dei diversi coefficenti della (II) nelle loro parti costituenti in guisa da indicare la peculiare distribuzione del ferro a cui ciascuna è legata.

30. Un altro, e forse il più importante risultato si è di potere colle osservazioni fatte colla prora del vascello in una dire-

zione, e perciò anche quando sia nel bacino o sulla cala di costruzione, determinare i coefficenti e costruire una tavola di deviazioni includenti l'errore di *sollevamento*. Per mettere ciò in evidenza si osservi che per la completa determinazione delle deviazioni della bussola quando il vascello è diritto ed in una posizione geografica si richiede la determinazione di sei coefficenti $A, E; \lambda, D; B, C$, ma di questi i primi due si annullano quando il ferro sia simmetricamente disposto (n. 25); due altri hanno così prossimamente lo stesso valore per i vascelli della stessa classe che possono essere valutati una volta e quindi ritenuti costanti per una stessa classe di vascelli con un'approssimazione assai vicina al vero. Restano perciò due soli coefficenti che possono determinarsi per una osservazione della deviazione ed una osservazione della forza orientale fatta senza alterare la direzione della prora del vascello.

31. Per ciò che riguarda l'errore di inflessione, occorre in generale di determinare tre altre quantità g, h, μ (equaz. (6) n. 23 e denominazione del n. 28). Ma di queste si ha $g = 0$ se il ferro è disposto simmetricamente rispetto al piano verticale mediano; h è prossimamente la stessa per i vascelli di una stessa classe e μ può determinarsi per una sola osservazione della forza verticale.

32. In Inghilterra, sulle navi da guerra si fanno le osservazioni delle deviazioni con una bussola-tipo costruita per cura dell'Ammiragliato e col metodo esposto al n. 15, e le deviazioni della bussola di governo del vascello sono trovate di confronto con quelle della bussola-tipo.

Le osservazioni della forza orizzontale e della forza verticale si facevano confrontando i tempi delle oscillazioni di uno stesso ago posto a bordo e sulla terra. Per la forza orizzontale si confrontava il tempo dell'oscillazione in un piano orizzontale e per la forza verticale quello dell'oscillazione di un ago in un piano verticale perpendicolare al meridiano magnetico.

33. Chiuderemo questi cenni esponendo sommariamente alcune conclusioni pratiche dedotte dalle investigazioni di Airy, Smith, Evans, sulle note comunicate dall'Ammiragliato circa le osservazioni fatte sopra i diversi navigli dello Stato, nonchè dalle tavole calcolate da essi sopra quelle note per ottenere per ciascuno di essi vascelli in diverse circostanze, i valori dei coefficenti che entrano nella formola (II) o nella (I) e quindi sceverare l'influenza delle diverse cause di errori e la grandezza relativa di questi.

§ 4. Conclusioni pratiche.

34. Queste conclusioni pratiche possono ridursi alle seguenti:

a) L' originaria deviazione semicircolare o magnetopolare è dovuta al magnetismo remanente indotto nel ferro del vascello dall'azione orizzontale della terra durante la costruzione e dipende principalmente dalla direzione che aveva la prora. Esso consiste quindi in una attrazione dell'estremo Nord dell' ago a quella parte del vascello che era diretta al Sud.

b) Se si considera separatamente, prima l'effetto del remanente magnetismo indotto dalla *componente della forza orizzontale diretta nel verso longitudinale* del vascello, poi l' effetto del remanente magnetismo indotto dalla *componente trasversale della forza orizzontale*, il primo è relativamente minore del secondo. Ciò, se la direzione del vascello in costruzione non coincide con un punto cardinale modifica la direzione della deviazione semicircolare prodotta.

c) Devesi considerare inoltre il residuo della deviazione semicircolare indipendente dalla direzione del vascello in costruzione, ed effetto del magnetismo remanente e transiente indotto nel vascello dalla forza verticale della terra. Esso consiste in una attrazione del punto Nord dell' ago.

d) Le prime due parti della deviazione semicircolare diminuiscono rapidamente dopo che il vascello è stato varato; la seconda d'ordinario più rapidamente. Dopo un tempo che può ritenersi all'ingrosso circa un anno, se il vascello abbia potuto girare in tutti gli azimut, essa raggiunge un valore fisso e permanente, dal quale in seguito non differisce che pochissimo. La terza parte varia pochissimo finchè il vascello resti nella stessa latitudine.

e) I cambiamenti che accadono in un vascello costruito colla direzione Est-Ovest sono d'ordinario relativamente più grandi di quelli che avvengono in un vascello costruito nella direzione Sud-Nord.

f) Il magnetismo transiente indotto dalla forza orizzontale della terra si aggiunge all'effetto del magnetismo remanente indotto dalla stessa forza quando è sulla cala di costruzione ed in seguito quando si trova nella stessa direziono in cui era durante la costruzione.

g) L' effetto del magnetismo transiente e remanente indotto dalla forza orizzontale quando il vascello è sulla cala, e più se è costruito nella direzione d'un punto cardinale, è di produrre una diminuzione della forza direttrice dell' ago e di produrre pochissima deviazione (anzi nessuna se è costruito in direzione di un punto cardinale).

h) Lo stesso effetto è prodotto prossimamente in un tempo successivo se la prora del vascello sia volta alla direzione in cui era durante la costruzione.

La diminuzione di forza direttrice è maggiore ne' vascelli costruiti Est-Ovest che in quelli costruiti Nord-Sud.

i) Le deviazioni in un vascello costruito Est-Ovest, sono più dannose di quelle in un vascello costruito Nord-Sud sotto il seguente aspetto:

1. Sono meno simmetriche e regolari, e quindi rendono più perplesso il pilota.

2. Cambiano relativamente in maggior grado dopo il varamento.

3. Diminuiscono maggiormente la forza direttiva quando il vascello è in un punto particolare.

k) Se un vascello è stato costruito colla prora al Nord, una bussola posta presso alla poppa soffre un' ampia deviazione semicircolare.

l) Per le bussole da collocarsi nella parte posteriore del vascello, la miglior direzione di costruzione è colla prora al Sud.

m) La diminuzione della media forza direttiva è la media delle diminuzioni cagionate l'una nelle direzioni di costruzione Nord-Sud, o Sud-Nord, l'altra nelle direzioni Est-Ovest, ovvero Ovest-Est.

n) La deviazione quadrantale è cagionata dall'eccesso dell' ultima sulla prima.

p) La diminuzione della forza direttrice ed il momento della deviazione quadrantale sono prossimamente gli stessi nelle diverse parti del vascello poste al medesimo livello; aumentano passando dai ponti superiori agli inferiori; diminuiscono col lasso di tempo.

q) Sostituendo legno a ferro nelle parti dei ponti superiori ed inferiori alla bussola e circostanti ad essa, la forza direttrice è aumentata e gli errori sono diminuiti.

r) Nello scegliere il posto per la bussola bisogna aver cura di evitare per quanto è possibile la prossimità delle estremità di masse allungate di ferro, particolarmente se siano disposte in direzione verticale. Che se non possano evitarsi, bisognerà scegliere un posto tale che l' influenza di quelle masse tenda a diminuire, anzichè ad aumentare la deviazione semicircolare.

s) Dovrà per ciò evitarsi per quanto è possibile la vicinanza delle torri-batterie ne' vascelli che le portino.

t) Nei vascelli corazzati, ponendosi le piastre di corazza dopo il varamento, se si fa la corazzatura tenendo il naviglio in direzione opposta a quella di costruzione sulla cala, avviene sempre una diminuzione nella deviazione semicircolare che può anche arrivare a cambiare di segno.

u) Dopo che il vascello è varato e compito, e che è girato in parecchie direzioni, i valori *B* e *C* generalmente diminuiscono rapidamente: la diminuzione si accelera sui vascelli tenuti esposti a' colpi di vento e di flutti in direzione opposta a quella della costruzione.

Nell' opera del Contro-Ammiraglio Paris, membro del Giuri internazionale: *L'arte navale all' esposizione universale di Londra del* 1862, sono descritti a pag. 174 diversi perfezionamenti nella costruzione delle bussole per ottenerne la correzione nel modo più pratico.

Ing. G. Codazza.

ANCORA

SULLE FINESTRE *IN DOMINIO*

al cospetto della nuova legge civile italiana.

Uno studioso e colto giurisperito, che bene apprezzando le indagini speculative, tiene maggior conto, per l'utilità nella pratica, della dominante giurisprudenza, e misura la portata della legge nelle sue applicazioni giudiziali, piuttosto che ne' suoi commentatori, mi avvertiva non ha guari che le mie conclusioni sulla tesi della occupabilità con nuova fabbrica dei muri di confine in cui esistono finestre senza un provato diritto di servitù di luce, aria o prospetto, starebbero in opposizione a quanto egli sovviensi essere stato giudicato dai tribunali del primo Regno d'Italia dopo l'attivazione del Codice Civile Napoleone. E ciò faceagli meraviglia attesa la quasi identità delle disposizioni di quel Codice monumentale con quelle dell'odierno Codice italiano sì rapporto alla facoltà de' confinanti di occupare con nuova fabbrica, e render comuni mediante pagamento i muri altrui eretti sul confine, sì rapporto alla facoltà dei padroni di questi muri di farvi delle finestre sotto determinate discipline, finestre che assunsero, per la loro novità, il proverbiale appellativo di *finestre napoleoniche*. Veggansi gli Art. 660, 661, 676 e 677 del citato Codice Napoleonico affatto consoni agli Art. 555, 556, 584 e 585 dell'attuale Codice Civile italiano.

Ecco un'altra obiezione alle conclusioni del predetto mio articolo inserito in questo Giornale [1] ma anch'essa di mera apparenza, e che si dissolve con facilissime considerazioni, cosicchè senza ricredersi dalle conclusioni medesime, nè ammettervi ombra di dubbio, si può e si deve sostenere che recata la tesi da

---

(1) Vedi Politecnico, Parte tecnica, fascicolo d'Agosto precedente.

me discussa presentemente, all'epoca dell'attivazione del Codice Napoleone, bisognava risolverla in senso opposto a quello che le spetta in presenza della nuova legge italiana.

Ed è ovvio l'accorgersi, che quantunque siano queste due leggi conformi nelle preaccennate disposizioni sul regime dei muri di confine e delle finestre che vi possano esistere, discutendosi da noi sulla sorte assegnata in esse leggi alle finestre aperte in quei muri prima della rispettiva attivazione delle leggi medesime, è di essenzialissima necessità il tener conto nell'esame della quistione se poi fossero o no conformi tra loro anche le leggi civili sulle finestre in servitù ed in dominio, che precorsero immediatamente alle due leggi napoleonica ed italiana.

E poichè appunto questa conformità non esiste, da ciò può nascere, e realmente lo deve, che le finestre in dominio preesistenti alla promulgazione del Codice Napoleone aver devessero un trattamento giuridico diverso da quello accordato dalla nuova legge italiana a quelle esistenti prima che la stessa venisse attivata.

Avanti al Codice Napoleone dominavano gli Statuti municipali. In Lombardia avanti al Codice Civile italiano vigeva l'austriaco.

Per esempio: fra gli Statuti di Milano ed il Codice Civile austriaco enorme diversità di principii e di sanzioni si ravvisa intorno alla servitù delle finestre, ed alla facoltà di aprirne nei proprii muri sul confine quand'anche non se ne avesse acquistato il diritto di servitù.

Il Capitolo 333 dei detti Statuti disponeva che, se taluno avesse aperto nel proprio muro ad immediato contatto al fondo altrui delle finestre senza consenso del vicino, poteva essere da questo ultimo costretto per via sommaria e piena, e senza strepito o figura di giudizio a levare le finestre, cioè ad otturarle.

E siccome questo rigoroso precetto feriva troppo profondamente il principio di gius naturale della libertà inerente ad ogni privato dominio riconosciuto anche nella romana leg. 40, *ff. de servit. præd. urb.*, e nella leg. 8, Cod. *de servit.*, a temperare fra il rispetto dovuto ai privati diritti, e quello che merita l'ordine civile e la quiete fra i cittadini, sovvenne il successivo Cap. 334 dei detti Statuti col disporre la facoltà illimitata pei padroni dei muri lungo i confini di aprirvi finestre, purchè tra i muri ed i confini siasi lasciata una distanza del piede, così detto liprando, ritenuto allora d'oncie nove del braccio milanese, adesso di quarantacinque centimetri. Finestre in quest'ultima condizione erano quelle appunto chiamate tecnicamente *in do-*

minio, cioè perfettamente facoltative e libere, a distinguerle da ogni altra, la di cui sussistenza era dipendente da concessione e tolleranza del vicino, ed essenzialmente condizionata per contratto o per legge.

Di tutto ciò, che rilevasi dagli Statuti di Milano, è assurdo supporre analogie nel codice austriaco, che permetteva di far finestre qualsivogliano nel proprio muro a contatto diretto col fondo altrui.

Ma vi ha di più. Il Cap. 332 degli Statuti milanesi disponeva che ogni servitù, sia urbana che rustica, si poteva acquistare, e così anche perdere nel modo che stabiliva il gius comune, cioè la legge romana; laonde se taluno avesse in buona fede usato di una qualche servitù per lungo tempo, cioè per lo spazio di dieci anni tra persone presenti, di anni venti tra assenti, allegato il titolo, si doveva presumere costituita la servitù quando dall'avversario non si provasse che la servitù fosse stata introdotta *aut vi, aut clam, aut precario.*

Scorgesi da queste precise, ma forse poco lucide disposizioni statutarie (è oggetto di sottile interpretazione la clausola *allegato il titolo*, mercè di cui possa farsi luogo alla presunzione della servitù, mentre se alludesi al titolo costituente della servitù, non v'ha bisogno di derivarla da una presunzione di legge, laonde la clausola sembra doversi intendere nel senso più determinato di *allegata la prescrizione e l'usucapione*) scorgesi, dico, da queste disposizioni quanto difficilmente all'epoca del tramonto degli Statuti di Milano potesse verificarsi un caso di finestre *in dominio*, cioè non assistite di un diritto di servitù, aperte in un muro precisamente sul confine, e che non avessero sussistenza da un decennio o da un ventennio, per cui non potessero supputarsi in servitù. Che se alludesi alle finestre in dominio costrutte in osservanza del Cap. 334 degli Statuti, cioè coll'intervallo del piede liprando fra il muro ed il confine, cadesi fuori dei margini della nostra quistione per ciò solo che nel Codice Napoleone non era permesso di occupare con nuova fabbrica e render comune mediante pagamento i muri altrui lungo i confini quando vi fosse di mezzo uno spazio, sia pure d'un solo piede liprando, come è concesso all'invece dalle disposizioni del Codice italiano odierno.

E ben sapevanlo i giudici sedenti durante il primo regno di Italia, quanto raro, per non dire improbabile fosse il caso delle finestre nel muro altrui posto precisamente sul confine, le quali non fossero munite di un diritto di servitù reale o presunta, perchè la esperienza giuridica precedente apprendeva a tutti

quanto tenacemente i cittadini possidenti si giovassero dello Statuto 333 per far togliere (otturare) sul fatto le finestre onde i loro vicini attentassero alla libertà del loro dominio.

Nessuna meraviglia adunque facciamoci se coll'attivazione del Codice Napoleone rimase oziosa ed inapplicabile la disposizione contenutavi dell'occupabilità de' muri di confine qualora in essi preesistesse un'antica finestra, comechè senza titolo dimostrativo d'un diritto di servitù di luce, di aria o di prospetto, essendochè simile finestra aveva a quell'epoca dai precorsi Statuti il vantaggio di presunzioni legali, che la stessa in parità di condizioni di fatto e riferibilmente all'epoca dell'attivazione del nuovo Codice Civile italiano, non potrebbe arrogarsi all'appoggio della cessata legge austriaca.

Milano, 18 Ottobre, 1866.

Prof. Ing. Achille Cavallini.

CONSIDERAZIONI NATURALI ED AGRONOMICHE

INTORNO ALLE BRUGHERE OCCIDENTALI

DELLA LOMBARDIA.

Chiunque si propone un fine, dee por mente ai tempi e al paese, e non perder tutto per voler troppo.

G. B. NICCOLINI.

« Il Sole è la macchina a vapore degli Italiani: così l'avessero « gli Inglesi! — Ricordinsi gli Italiani che ogni popolo deve pro- « durre ciò che ottiene con minore spesa. Agricoltura per l'Italia! « Agricoltura ». Questa risposta da Riccardo Cobden data a Massimo d'Azeglio, che lo interpellava intorno a progetti d'industria, di fabbriche, di macchine ecc., non talenterà certo a parecchi, e quantunque uscita dalla bocca di un meritamente illustre statista, sarà giudicata troppo esclusiva: ed infatti Azeglio stesso, che la riporta, dice essere una massima eccellente, purchè intesa senza esagerazione. Chè di fermo l'Italia non deve trascurare le industrie e le manifatture, e specialmente quelle, le quali, come dicesi, sono alimentate da materie, di cui è naturalmente provvista. Pur tuttavia per le condizioni e la natura del suo terreno, e del suo clima, nonchè per l'indole e la maggior convenienza de' suoi abitatori. (1), ella fu e dev' essere principalmente l'*Œnotria tellus*, la *magna parens frugum*, ossia ella deve sopratutto attendere all'agricoltura, perchè questa sarà ognora la prima, più sicura e più copiosa fonte di sue ricchezze.

---

(1) Ben disse un acuto osservatore che la officina e gli opificii industriali *viziano la vita fisica e spesso anche la morale, mentre il variato lavoro de' campi le prospera e le conserva entrambe:* e nulla è più vero di quella sentenza che dice essere *l'agricoltura la più salubre ed insieme la più morale delle occupazioni.*

Affinchè però l'agricoltura continui ad esserci larga de'suoi tributi, è più che mai necessario che si riformi e migliori, mettendo a profitto gli insegnamenti e gli esempi dei molti, che con profondi studj e lodevolissimi e continuati sforzi procurano di elevare l'arte all'altezza di scienza: altrimenti avverrà che anco in ciò noi, con disonore e rovina, resteremo al disotto di altri paesi, i quali, benchè assai meno favoriti da natura, pure seppero rendere assai più produttive le loro terre. Nè noi abbiamo a limitarci solo a migliorare la nostra agricoltura, ma dobbiamo estenderla altresì a quelle terre, che finora rimasero trascurate e perciò infruttifere e sterili. — Da alcun tempo in parecchi de'nostri villaggi, dove per essere profondamente radicata l'affezione al luogo nativo, fu fino ad ora ignota l'emigrazione, noi vediamo numerosi stuoli di giovani d'ambo i sessi *lasciare ogni cosa più caramente diletta* per gettarsi alla ventura, e cercare al di là dell'Oceano altre terre, su cui strascinare meno stentatamente la vita. — Cotesto è uno spettacolo miserando, e sto per dire, vergognoso ad un'epoca, che vuol essere celebrata per le sue dottrine di uguaglianza e fa pompa di filantropia: ma è un necessario ed immediato effetto dell'attuale ordine nostro sociale, e principalmente dello stato dell'agricoltura in alcune delle nostre contrade. La popolazione cresce ogni dì più, ed il sostituirsi, che negli opifizj si fa continuamente di ingegnose macchine alle braccia dell'uomo, priva di lavoro e quindi di pane, migliaja e migliaja di persone, a cui resta *il dritto almen dell'intangibil vita,* ed alle quali è pur forza che si pensi e si provveda se non si vuol togliere al paese la sua vera e più solida ricchezza costituita dalla popolazione robusta, operosa e produttiva. La riforma dell'agricoltura non esige un numero maggiore di contadini; imperciocchè non si tratta già di lavorare di più la terra, ma bensì di lavorarla meglio, ossia con più opportuni e convenienti metodi ed istromenti. Per provvedere al sostentamento della popolazione esuberante è mestieri adunque che si estenda la coltura anche a que'terreni, che sono infruttiferi, perchè incolti, i quali di diversa natura e diversamente perciò chiamati, occupano non brevi spazj in parecchie parti d'Italia, e fra i quali in Lombardia primeggiano le *brughere* (1).

---

(1) Nelle scritture, in cui si discorre di questi terreni incolti, essi trovansi sempre indicati e distinti non già col nome di *brughera,* che s'usa comunemente da noi, ma bensì con quello di *brughiera.* Io preferisco conservare il nome originario e volgare, perchè specifica assai bene l'oggetto, che vuolsi significare, e la regione, in cui si trova, ed

Brughere si chiamano in Lombardia que' tratti di terreno non coltivati, ne'quali nasce e cresce spontaneo e più o meno prospero e folto il *brugo* (*erica vulgaris di Lin. o calluna vulgaris di Sal.*) insieme a pochissimi altri vegetali di minor valore e più grami di lui. Esse si dicono anche *scopeti* od *ericeti*, giacchè il brugo, onde traggono il nome (1), da' Toscani è chiamato *scopa* (la scopa

ancora perchè non comprendo come l' intromissione di un *i* abbia in questo caso virtù di elevare alla dignità di nobile parola italiana una voce tutta propria del nostro dialetto e della lingua francese (bruyère), la cui corrispondente italiana o toscana non manca punto. Oltre di che la parola *brughera* fregiata anche ed arricchita di un *i* non acquista aspetto e suono di parola abburattata, giacchè la desinenza italiàna delle parole esprimenti boschi, ove crescono piante d'un sol genere, è in *eto*, come querceto, pineto, castagneto, ecc., mentre nel dialetto lombardo è in *era*, come moronera (gelseto), pinera (pineto) ecc.

(1) Il conte Luigi Bossi milanese, che per la copia e la vastità dell' erudizione fu chiamato il Varrone italiano, scrisse una lunga dissertazione storica, antiquaria e diplomatica *sul nome e sull' antica condizione dei terreni incolti detti volgarmente brughiere*, la quale può leggersi nel Vol. 3. delle Memorie dell' I. R. Istituto del Regno Lombardo-Veneto per gli anni 1816 e 1817, stampato nel 1821, e che quantunque ricca di notizie ed in alcune parti assai pregievole, fu da un postumo collega del Bossi giudicata *carica di erudizione indigesta e poco concludente*. In cotesta dissertazione Bossi tolse a provare fra l'altre cose, che il nome di *brughera* deriva da *brugo*, che questo nome nacque e si diffuse nel medio evo, che in Lombardia ed in altre parti d'Italia passò dalla Provenza, dove all' erica si dà il nome di *bruc*, e che perciò i Provenzali del medio evo furono i trovatori di questo nome.

Che la brughera sia così chiamata perchè non produce quasi altro che brugo, nessuno, penso, vorrà porlo in dubbio: non tutti però forse s' accorderanno con Bossi nel giudicare che tal nome sia nato solo nel medio evo, e dalla Provenza si importasse in Lombardia; giacchè probabilmente le brughere esistevano (e molti argomenti inducono a crederlo) anche prima del medio evo, nè gli antichissimi abitatori del nostro paese erano tanto dolci di sale da aspettare ad imporre ad esse un nome speciale e significativo infino a che ai signori Provenzali fosse venuta la voglia di coniarlo, e la gentilezza di comunicarlo ai Lombardi. Ciò sarebbe appena credibile qualora dalla Provenza ci fosse stata portata anche la piantina del *brugo;* ma questa cosa nè asserisce Bossi, nè avria potuto asserirla in modo veruno. Del resto nissuna meraviglia che i Galli Cisalpini abbiano nomi e desinenze di voci eguali a quelli de' Galli Transalpini, massimamente quando questi nomi sieno applicati ad oggetti comuni all'una ed all'altra delle Gallie. Ben è da meravigliarsi piuttosto che l' ingegno de' nostri studiosi si esercitasse e si affaticasse a stendere dissertazioni storiche, archeologiche e diplomatiche intorno a cose, la cui vera natura ed il cui stato attuale troppo imperfettamente o falsamente si conoscono, mentre sarebbe tornato assai più profittevole al paese che con opportuni studii ed esperienze gli si fosse mostrato cosa veramente sieno le brughere, e come e quale utilità da esse se ne possa cavare.

meschina) e dai Latini era appellato *erica*. Le brughere attuali hanno varia estensione, nè mostrano ovunque identica la natura del loro terreno: si trovano per lo più nella pianura, ma se ne veggono pure ne' colli [1], e con quel loro aspetto di misera ed uniforme vegetazione annojano l'occhio e disgustano l'animo di che le attraversa. Numerosi sono cotesti tratti di terreno e quasi tutti, o forse tutti, si incontrano in quelle parti dell'alta Lombardia, ove più scarseggiano le acque; ma i più estesi giacciono in quello spazio dell'alta Lombardia, che è compreso tra il Ticino e l'Olona, e tra questo fiumicello ed il Seveso. Io però non parlerò che di quelle che si stendono tra la sponda sinistra del Ticino e la destra dell'Olona, non essendomi le altre sufficientemente note.

Le brughere, che si veggono in questo tratto di paese, appartengono quasi interamente alla provincia di Milano, di cui occupano la parte settentrionale ed occidentale; il breve resto alla parte settentrionale e meridionale della finitima provincia di Como, e non formano già una landa unita e continua, ma intersecate, come sono, da ampi tratti di campagne coltivate, formano aree più o meno lunghe e larghe distinte tra loro e staccate. Esse non sono pure allo stesso livello, e per questa ragione ponno dividersi in inferiori e superiori [2]. Ed affinchè ciò riesca meglio inteso, immaginiamoci di attraversale percorrendo una via, che dalla sponda sinistra del Ticino, tra Vizzola e Tornavento, dirigendosi al N-E tocchi la sponda destra dell'Olona nelle vicinanze di Fagnano Olona. Facendo questo cammino noi dobbiamo dapprima salire un'alta costiera irregolare, boscosa, superata la quale troviamo una striscia di varia larghezza di colti, intrammezzata qua e là da brughere [3], paralella al Ticino, indi entriamo in un'ampissima brughera detta la *Gradanasca* [4], la quale termina ad un'altra

(1) Si calcola che $^1/_{10}$ delle brughere si trovi ne' colli, e gli altri $^9/_{10}$ al piano.

(2) Acciocchè circa a questo livello delle brughere non nasca equivoco, avverto che siccome la nostra pianura ha un considerevole pendio dal Nord al Sud, ed insieme una leggiera inclinazione dall'Ovest all'Est, così quando parlo di differenza di elevazione delle brughere non intendo mica di riferirmi a quella che v' ha tra le più settentrionali e le più meridionali, o tra le occidentali e le orientali, ma sibbene di alludere a quella differenza di livello che esiste fra le varie brughere situate allo stesso grado di latitudine.

(3) Fra cotesti spazii avvene uno di più che mediocre estensione detto la *Brugheretta*.

(4) La *Gradanasca*, la più vasta delle nostre brughere, è rammentata nelle storie per l'aspra e lunga battaglia ivi combattuta tra gli

costiera o scaglione, su cui s'erge il casolare chiamato la *Costa*, il quale scaglione veduto da lontano si giudicherebbe una lunghissima cortina, o meglio un alto argine. Superato anche questo, riusciamo in un alto-piano, che si estende fino alla valle, nel cui fondo scorre l'Olona. Il primo tratto di cotesto alto-piano è a brughera, alla quale seguono le campagne di Cardano, di Samarate, poi quelle di Arnate e di Gallarate, e le case costituenti questi Comuni, indi incontransi di nuovo brughere fino ad un miglio circa dall'Olona, dove ricompajono le campagne. Percorrendo cotesto alto-piano ci si affaccia in prima una specie di diga o colle irregolare, basso, stretto, assai lungo, diretto dal Nord al Sud, su cui sorgono le ville dette Monte Rosso e Viscontina, indi il torrente Arno. Ora io chiamerò brughere inferiori la Gradanasca e le altre che sono tra lei e il Ticino, ossia quelle che dai colti di Castelnovate, Vizzola e Tornavento s'allargano infino allo scaglione della Costa, e superiori que' tratti che s'incontrano tra questo scaglione e l'Olona.

Distinte e limitate in tal modo le brughere, di cui mi propongo parlare, esaminiamone dapprima la natura del terreno, giacchè per intraprendere fruttuosamente e condurre a buon termine qualsiasi coltivazione occorre primamente conoscere lo stato fisico e chimico del suolo, su cui vuolsi esercitare.

Nelle brughere inferiori, che misurano circa 4000 ettari, il terreno è formato da un amasso confuso di ciottoli arrotondati, lisci, disgregati, incoerenti, misti a poca arena [1], ammasso di un'altezza assai ragguardevole, certo non minore di metri 60, sotto a cui ignorasi quali maniere di terre veramente esistano, benchè

Spagnuoli e i Gallo-Sardi nel 1636, e sotto il nome di brughera di Gallarate o Somma acquistò una certa rinomanza, dacchè è divenuta dopo il 1831 uno dei più frequentati luoghi per le esercitazioni militari.

(1) Benchè comunemente la parola *arena* si usi come sinonimo di *sabbia*, e viceversa, pure per maggiore chiarezza e più facile intelligenza stimo conveniente, seguendo la distinzione introdotta da Breislak (V. Descrizione geologica della provincia di Milano pag. 42) di adoperare la parola *arena* per significare que' piccoli frammenti petrosi, non legati tra loro da alcun cemento, pellucidi e spesso trasparenti, di superficie levigata, che talora presentano qualche facetta regolare, ed hanno un aspetto vitreo e cristallino, e che sono interamente o quasi interamente silicei; e di usare la voce *sabbia* per indicare quei piccoli frammenti petrosi, pure sciolti, ma opachi, di superficie ruvida, sempre irregolari nella forma, che risultano da varii elementi quali sono le particelle argillose, calcari, micacee, ed anche ferruginose.

non senza ragione si presuma che sieno strati d'argilla. Quando su cotesto terreno corrono gli squadroni di cavalleria, che stanno esercitandosi, s'ode un rimbombo cupo e profondo, qual se il terreno fosse tutto cavernoso. Sopra cotesto caotico ammasso di ciottoli e d'arena stendesi uno strato ineguale ma pur sempre assai poco considerevole di terra che costituisce il vero suolo di queste brughere, ossia la loro terra vegetale, la quale quando è secca, si vede essere una polvere sottilissima, finissima, leggerissima, di color bruno o scuriccio, ed allorchè poi sia bagnata dalle pioggie assume una tinta nera. La superficie di questo terreno non è dovunque perfettamente piana, ma qua e là offre leggieri elevatezze, dette colà *dossetti*, e a loro vicini alcuni pure poco notevoli avvallamenti, chiamati *vallette*. Sui dossetti appajono nudi i ciottoli, non coperti cioè da alcun strato di terra, ma sporchi, dirò così, di minuti e miseri muschi e licheni, che su vi vegetano stentatamente, ed ivi anco l'erica è rara e grama; mentre nelle vallette più copiosa e nera è la terra, ed ivi l'erica prova meglio e cresce folta e rigogliosa.

La forma de' ciottoli in alcuni è elissoide, ma nei più sferoidale: la loro grossezza è varia, giacchè dai 6 ai 10 centimetri di diametro sale fino ai 60 ed ai 70 centimetri; questi ultimi però non si trovano che a profondità assai notevoli. Varia pure è la loro natura; ma si può dire che se forse non tutti, certo la massima parte appartengono a roccie primitive, essendo, in ordine di frequenza, di micaschisti, di selagite o diorite iperstenica, di quarzite candida o rosseggiante, di graniti a feldspati bianchi, identici a quelli di Montorfano, di gneis, di graniti a feldspati rosei, uguali a que' di Baveno, di porfidi rosei con cristalli di quarzo (euriti!?), di serpentini, di roccie anfiboliche, di protogino, di dolomite, di argilla rossa compatta, di argilla cinerognola leggerissima, porosa, e di granito a grossi cristalli di feldspato roseo (ghiandone o granito porfiroide). Di questi ciottoli quelli, che trovansi più frequentemente alla superficie sono que' di quarzite, di eurite, di selagite e delle poche roccie anfiboliche (1). Avvertasi che non si trovano, o, dirò con maggior

(1) Ciascuno comprende di leggieri che lo stato, in cui si trovano attualmente le brughere, non è il primitivo, ossia quello lasciato dalle forze geologiche, che lo produssero: le influenze meteoriche di tanti secoli, e la vegetazione lo modificarono grandemente. Certo i graniti dovevano abbondare più che non ora, massime alla superficie, e così pure le roccie dolomitiche: ma queste roccie sono le più facili a scomporsi.

precisione, io non trovai colà giammai nè porfidi rossi o rosso-lividi, nè pietre focaje.

Le brughere superiori formano una striscia di diversa larghezza, la quale comincia tra Cassano Magnago e Fagnano Olona, e discende qua e là interrotta da campi fino nelle vicinanze di Inveruno ed Arluno, e traggono il nome dai Comuni, del cui territorio forman parte, onde si dicono brughere di Fagnano, Busto Arsizio, Samarate, Venzaghello, ecc. Esse quanto alla composizione del suolo non sono in tutto identiche alla Gradanasca: Infatti sebbene anche quivi non v'abbia traccia di stratificazione, tuttavia il terreno almeno nella sua parte superiore è composto più presto di ghiaja, che di veri ciottoli, e la ghiaja è frammista ad una considerevole quantità di sassolini, di arena e più ancora di sabbia e di terra sottilissima, scuriccia, nè mancano tratti, anco estesi, la cui superficie sia coperta da argilla mista a silice per un'altezza varia, che in alcuni luoghi oltrepassa un metro. Quanto poi alla natura delle ghiaje e de' ciottoli ecco nelle ripetute mie escursioni quanto mi venne fatto di osservare. Nel tratto di brughera che stendesi fra la Gradanasca e la collina su cui sorge il Monte Rosso e la Viscontina, il quale è in grandissima parte coperto da uno strato d'argilla alto da 1 quasi a 2 metri, trovansi in ordine di frequenza i ciottoli provenienti dalle seguenti roccie: schisti micacei, gneis, selagiti, quarziti, graniti bianchi, graniti rosei, roccie anfiboliche, poi pochissimi ciottoli di un' arenaria bruniccia, friabilissima, ricca di mica, di eurite, porfidi rossi, argilla compatta rossastra, ed argilla gialla ocracea. Nella brughera invece che è tra Samarate e Busto Arsizio, predomina il porfido roseo (eurite), poi seguono il porfido rosso volgente al paonazzo e quasi al livido, che rammenta quello degli antichi monumenti, ed in taluni ciottoli del quale i cristalli bianchi sono scomparsi o ridotti in polvere bianchiccia, indi la quarzite, i ciottoli d'argilla cinerognola, i graniti, gli schisti micacei, le pietre focaje in piccoli pezzi, spesso rivestiti da un leggier strato di carbonato di calce assai duro, identico al marmo bianco lattato a suture di Gavirate, detto *majolica*, l'argilla rossa compatta, e scarsissimi ciottoli di calcare nummolitico, eguale a quello di Comabbio. — In uno sterro poi assai ampio e profondo oltre due metri fatto nelle campagne, che son di mezzo a queste due brughere, sotto lo strato di terra coltivato o suolo ho trovati i ciottoli provenienti dalle seguenti roccie: numerosissimi i micaschisti, numerosi i gneis, le selagiti, e le euriti; poi i graniti, le quarziti, i ciottoli di argilla cinerognola, indi ma in iscarso nu-

mero i conglomerati (grovacchi?), il calcare nerastro, le roccie serpentinose, ciottoli verdastri con cristalli bianchi, talvolta a croce (diórite feldspatica?), ciottoli d'argilla rossa, compatta, pietre focaje contornate da calcare bianco lattato, e calcare nummolitico. Nelle vicinanze poi dell'Olona si osserva che parecchi ciottoli e ghiaje delle roccie primitive sono incrostati da un sottil strato di carbonato di calce, la qual sostanza agglutina e cementa in *puddinga o ceppo* i ciottoli dell'alta sponda in cui scorre l'Olona. — Del resto ad una certa profondità il terreno, che è tra il Ticino e l'Olona, sia pel volume che per la qualità de' sassi, che lo compongono, si identifica con quello della Gradanasca: ciò parmi almeno possa dedursi da quanto ho osservato nel fondo delle fosse, da cui si estrae la ghiaja per le strade, e di altre escavazioni fatte qua e là per costruire pozzi o per altri motivi.

Al nord della regione, le cui brughere stiamo esaminando, veggonsi parecchie elevatezze di terreno, le quali benchè dicansi colli o colline, non hanno tuttavia veramente la forma de' colli o poggi, che ergonsi in altri paesi, cioè di coni irregolari isolati o più spesso formanti catene, offrendoci invece l'aspetto di lunghe cortine da fortezze, o meglio di argini o dighe. Queste colline generalmente parlando sono formate da sabbie più o meno argillose, e ricche di ferro, e da numerosissimi di que' macigni o grossi pezzi di roccie, chiamati da noi i *trovanti*, e da' geologi i *massi erratici*, i quali se diversificano nella forma e nel volume, s' assomigliano però in questo, che conservano i loro spigoli ed angoli, ed hanno aspre ed irregolari le loro superficie, onde si crederebbero di fresco franati da' monti, se taluni non mostrassero piana e rozzamente lisciata una delle loro facce (1). Varie sono le loro dimensioni, giacchè da quelli di pochi decimetri quadrati si sale a quelli di 6 a 7 metri quadrati: quanto poi alla loro natura sono per la massima parte o di granito, o di schisto micaceo, o di gneis, o di selagiti.

Ora per quali motivi od in virtù di quali poderose cagioni si accumulò quell' immensa congerie di pietre liscie, arrotondate nel piano delle brughere, e quella pure meravigliosa copia di scabri massi ne' colli? Per tentare la soluzione di questo problema

---

(1) Gli sterri fatti per la costruzione della ferrovia da Gallarate a Varese ed a Sesto Calende misero allo scoperto una sorprendente quantità di siffatti massi, tra loro stranamente accatastati, i quali in taluni luoghi, come sopra Somma, erano si numerosi da comporre da soli gran parte di quel colle.

s'acuì non poco l'ingegno e la fantasia di parecchi geologi, alcuni de' quali, come Amoretti, Brocchi e Breislak attribuirono quel fenomeno al fondo del mare, altri ad alluvioni fluviali, altri a potenze diluviali, ed altri ancora ai ghiacciaj, dai quali specialmente ripetono la formazione de' colli pieni di massi erratici, che perciò distinguono dalle altre elevatezze di terreno chiamandole *morene o moriccie* (1). Lontanissimo dalla presunzione di ergermi a giudice in sì ardua quistione, stimo però che a' nostri giorni nessuno vorrebbe farsi propugnatore dell' origine direttamente nettuniana o marina di quei terreni, ne' quali finora indarno si cercarono avanzi od indizj di que' numerosi e svariati corpi organici, che esistono e spesso abbondano nelle terre state in altre epoche fondi o sponde di mare.

Esclusa l'ipotesi dell'origine marina, le altre, per quanto pajano disparate, s' accordano nondimeno in ciò, che fanno derivare i massi erratici, i ciottoli, le ghiaje, le sabbie e le arene da monti più o meno lontani, dai quali li staccarono o impetuose, rapide e larghe correnti di acque, oppure il lento, ma continuato procedere de' ghiacciaj, che strisciando sulle pendici dei monti, scendevano a colmar le valli e ad innalzare il livello delle pianure. In una parola tutti cotesti geologi convengono nel considerare siffatti terreni non già come l'effetto di emersioni oppure di sedimenti, ma bensì di trasporto: ed a questa dottrina penso nessuno possa ragionevolmente muovere objezioni.

Tenendo ora per vero che i terreni sì delle brughere, che quelli ad esse interposti, e quelli altresì de' colli o morene appartengano alle più moderne formazioni geologiche, chiamate terreni di trasporto, sorge naturale quest'altra domanda: Il trasporto di cotesti terreni avvenne in un' epoca sola, ed in virtù di una sola cagione, ovvero in epoche diverse e distinte e per l'effetto di cagioni diverse? — Ignoro se per rispondere adequatamente a tale domanda sienvi argomenti bastevoli negli scritti de' geologi, e perciò mi dovrei tacere. Tuttavia siccome la cosa non sembrami priva di un certo valore, così mi faccio ardito ad esporre su questo particolare una mia opinione.

In più di un luogo ho osservato che le morene poggiano su un terreno analogo, anzi identico a quello della Gradanasca, ed è poi evidente a chicchessia che quelle brughere, che ho chia-

(1) On appelle *Moraine*, en Savoie, les dépôts qui se font aux pieds des glaciers et qui sont formés de fragmens de roches qui bordent ces glaciers. V. Nereé Boubeé-Géologie élémentaire, p. 264.

mate superiori, diversificano nella loro superficie da quella delle inferiori, imperciocchè in queste hannovi ciottoli, poca arena, pochissime sabbie, mancano le pietre focaje ed i porfidi rossi, e non credo trovinsi strati d'argilla, mentre in quelle, cioè nelle superiori, v' hanno ghiaje miste a sabbia, ed arena, o pietre focaje, porfidi rossi, e qua e là incontransi depositi o *banchi* anche assai estesi di argilla.

Da queste semplici considerazioni parmi si possa dedurre che dato pure che gli stessi monti fornissero sempre e soli le materie, onde si compongono i nostri terreni, queste materie non vi fossero recate e deposte alla stessa epoca ed allo stesso modo: ma che dapprima poderose correnti acquee, precipitantisi da alti monti, asportassero e seco trascinassero numerosi frantumi delle roccie de' monti stessi; i quali frantumi angolosi e scabri, come dovevano essere, nell' impetuoso e continuo avvolgersi, urtarsi e confricarsi tra loro si arrotondassero e si lisciassero, poi giunti al piano si deponessero successivamente in ragione del loro peso, trattenendo ben poco di quelle arene, e meno ancora di quelle sabbie, che risultavano dalla loro confricazione, le quali poi si arrestassero nelle parti più ime e lontane, ed a questo modo si formasse il terreno della Gradanasca, e quello sottoposto alle brughere superiori. Ed il vedere che quanto più si discende nelle escavazioni di questo terreno, altrettanto si ingrossano i ciottoli, fa supporre che la forza diluviale, da cui furono trasportati, andasse gradatamente scemando e forse cessasse per il sopravenire dell'epoca glaciale. Durando la quale, per il divallarsi de' ghiacciaj si formarono le morene col deporsi e l' accatastarsi de' massi, che il ghiaccio divelse dalle alte e primitive loro sedi, ed insieme del limo o mota, che quasi spostiglia si formava dallo strisciare de'duri ed aspri massi sulle roccie de' fianchi de' monti, sui quali scorreva il ghiaccio. Finita poi l'epoca glaciale, e scioltisi quindi i ghiacci, avvenne una nuova, ma assai meno poderosa alluvione, la quale trasse sui ciottolosi terreni più vicini alle morene molte sostanze terrose e ghiaje producendo, come a dire, una gran colmata. Codesta nuova alluvione non s'allargò punto o solo pochissimo alla Gradanasca, ma si propagò lentamente e quetamente (chè lo sciogliersi di smisurati ammassi di ghiaccio doveva accadere in un assai lungo spazio di tempo e non d'un tratto) soltanto alla di lei parte orientale innalzandone il livello, e formando di tal modo l'attuale alto-piano. Con ciò si ha, a mio credere, naturale e facile la spiegazione della diversità di terreno, che esiste tra la brughera inferiore e la superiore, e del perchè in questa s'in-

contrino spazj argillosi, massimamente ne' siti più vicini ai colli, i quali abbondano di argilla; parte di cui anche a nostri giorni le dirotte pioggie travolgono e lasciano ne' sottoposti piani (1). Ammettendo questa opinione, si dovrebbe dire che il terreno delle brughere inferiori appartiene unicamente ad una alluvione antica ed anteriore alle morene, mentre quello delle superiori sarebbe formato dalla alluvione antica, a cui si sovrapose un'alluvione recente e posteriore alle morene.

Checchè però sia, o possa pensarsi intorno a questo particolare, ciò che all' agricoltura più interessa è il conoscere la natura fisica e chimica di questa maniera di terreno. Ora da quanto dissi più sopra è manifesto che il terreno delle nostre brughere inferiori è, generalmente parlando, incoerente, sommamente diviso, e perciò pieno di vani, rimbombante, permeabilissimo, e tale quindi da lasciare libero e facilissimo l'accesso all'aria ed all'acqua, la quale per conseguenza deve discendere a ragguardevolissima profondità, ossia fino a che s'incontri e si confonda con quegli infiltramenti sotterranei, detti da noi *aves*, onde sono alimentati i pozzi (2). Il terreno invece delle brughere superiori per avere alla sua superficie ghiaja in luogo di ciottoli, e maggior abbondanza di sabbie ed arene, è meno disgregato e poroso dell'altro, ma è ben lungi dall'essere tenace e compatto, se non in quegli spazj ove hannovi i *banchi* d'argilla: perciò disperderà meno facilmente l'acqua e sentirà meno profondamente e potentemente gli influssi del calore solare e de' rigori invernali.

Circa poi alla chimica composizione di coteste terre, ignoro se siane mai stata instituita od almeno pubblicata una esatta ana-

(1) Una evidente riprova di ciò la offre l' Arno. Esso scaturisce in varii punti dalle morene, conserva perenni le sue acque fino a che scorre tra le terre argillose e le perde poi quando entra nelle terre ghiajose e ciottolose, e perciò non confluisce con altre acque, ed è ad un tempo fiumicello e torrente senza sbocco. Or bene là dove il suo letto è fra le ghiaje ed i ciottoli, lungo le sponde mostra una striscia più o meno larga di argilla, alta da 20 centimetri a più d'un metro, che depositò e tuttor deposita per gli straripamenti, che succedono alle grosse e prolungate pioggie.

(2) A persuadersi quanta sia la profondità degli infiltramenti o correnti sotterranee nelle brughere inferiori basti il sapere che il pozzo scavato nell' estate del 1865 nella *Brugheretta*, indietro nominata, non diede acqua se non quando si fu alla profondità di metri 55,50, e che il pozzo della Malpensa, che è nel mezzo della Gradanasca, è di qualche metri più basso ancora. Lo scavo del pozzo della *Brugheretta* mi fornì un' ottima e rara occasione per istudiare la qualità del terreno, in cui fu aperto.

lisi [1]: nondimeno se si vorrà por mente alla natura delle sostanze minerali, ossia delle roccie, da cui derivarono, e che ho indicate, verrà naturale la induzione che debbano essere formate di silice, d'argilla (proveniente specialmente dai feldspati),di ferro, di magnesia, di un po' di potassa e calce. Ma per quanto questa induzione sia naturale e ragionevole, è ben lungi tuttavia dall'aver il valore di una dimostrazione. Mi provai perciò ad analizzare chimicamente varj saggi di coteste terre, e n'ebbi i seguenti risultati, i quali voglio sieno considerati soltanto come approssimativi, riconoscendomi insufficiente e privo de' mezzi necessarj a bene e rigorosamente condurre siffatte chimiche operazioni complicate e non punto agevoli.

Parti costituenti lo strato più superficiale, alto centimetri 3, della terra della Gradanasca, ove più abbondano i ciottoli e dov'è più misera anco la vegetazione dell'erica:

Materie organiche	6,00
Silice	70,50
Allumina	14,00
Ferro ossidato e titaniato [2]	6,50
Magnesia	2,00
Calce, potassa, manganese [3]	1,00
	100,00

(1) Il conte Luigi Bossi nel principio di questo secolo fece un' analisi della terra della brughera di Gallarate, analisi che parmi non solo imperfetta, ma anche sommamente inesatta, e dalla quale risulta che questa terra consta di 88 parti in circa di silice, di 9 in 10 di calce e di 3 tutt'al più d'argilla. V. Vol. 3 delle Memorie dell' Istituto del Regno Lombardo-Veneto Mil. 1824, p. 178. Anche l'egregio sig. Professore Tullio Brugnatelli analizzò la terra della Gradanasca; ignoro però se ne pubblicasse il risultato.

(2) La copia del ferro in queste terre è tale, che esposte ad un calore forte, diventano rosse, e frugandovi per entro colla calamita, si estrae una notevole quantità di ferro, che per la massima parte è titaniato.

(3) Che in codeste terre esista il manganese, a vero dire più che dai risultati chimici lo argomento dal sapere che questo metallo accompagna assai spesso il ferro nelle roccie, dal cui sfacimento derivano le terre stesse; e più ancora dall'osservare che i lupini provano benissimo nelle brughere dissodate: ed è poi noto che questa pianta non alligna prosperamente se non nelle terre, che contengono anche manganese.

Parti costituenti lo strato superficiale, alto centimetri 3, della terra della Gradanasca, ove scarseggiano i ciottoli, e prospera sufficientemente l'erica.

Materie organiche . . , ...	8,00
Silice	68,00
Allumina	16,00
Ferro	5,00
Magnesia	2,00
Calce, potassa, manganese	1,00
	100,00

Parti costituenti lo stato più superficiale, alto 3 centimetri, della terra della costiera o scaglione della Gradanasca, da dove le grosse pioggie facilmente levano e trasportano in basso le parti più fine e leggieri della terra.

Materie organiche	3,40
Silice	73,60
Allumina	14,00
Ferro	6,00
Magnesia	2,00
Calce, potassa, manganese	1,00
	100,00

Parti costituenti lo strato più superficiale, alto 3 centimetri, della terra della brughera, che è tra Samarate e Busto Arsizio.

Materie organiche	11,00
Silice	64,00
Allumina	17,00
Ferro	5,00
Magnesia	2,00
Calce, potassa, manganese	1,00
	100,00

Parti costituenti il terreno della brughera, dov'è argilloso, preso nell'altezza di centimetri 20.

Materie organiche	5,55 (1)
Silice	59,55
Allumina	26,00
Ferro	5,90
Magnesia	2,00
Calce, potassa, manganese	1,00
	100,00

Da queste analisi, per quanto imperfette e perciò solo approssimative, appare tuttavia esservi molta analogia tra le terre delle nostre brughere e la notissima terra nera di Tchornoizem in Russia, della quale, ecco la composizione secondo l'analisi dataci da Payen.

Materie organiche	6,95
Silice	71,56
Allumina	11,40
Ossido di ferro	5,62
Calce	0,80
Magnesia	1,22
Cloruri alcalini	1,21
Acido fosforico . . . . traccie	
Perdita	1,24
	100,00

Taluni però potrebbero fare le meraviglie e dubitare sulla verità di questa grande analogia di composizione; imperciocchè, mentre la *terra nera* di Russia è meritamente famosa per la sua stupenda feracità, la brughera nostra invece ha pur troppo una triste rinomanza fra le peggiori e meno produttive terre. — Cotesta osservazione ha, nol nego, molta apparenza di vero, ma è assai meno valida di quanto sembra a tutta prima, giacchè la

(1) Avvertasi che qui non si considera come nelle altre analisi la sola terra più superficiale, presa cioè all'altezza di soli centimetri 3; ma uno strato invece di terra alto centimetri 20; ciò darà ragione della pochezza relativa delle materie organiche, le quali nello strato più superficiale sono di quasi 10 per cento, mentre nelle altre terre in uno strato alto 20 centimetri sarebbero appena di 1 1/4 a 3 per cento.

sterilità delle brughere nostre non procede tanto dalla qualità e proporzione degli elementi inorganici del suo suolo, e dello stato fisico di questo [1], quanto dalla presenza di una speciale sostanza organica, nemica alla massima parte de' più utili vegetali.

Chi conosce alcun po' la brughera, avrà di certo osservato che in essa, oltre l'erica, non crescono, che poche misere e timide piantine, e sempre e solo quelle; e che anche que' tratti di brughera, che sono vicini e quasi confusi coi colti, non ci mostrano mai quelle erbe e piante, le quali, quantunque non seminate, pure invadono ogni campo, specialmente se lasciato in riposo dopo la mietitura de' cereali, e che hanno semi numerosi, e per la loro leggerezza facilmente trasportabili. Oltre a ciò avrà pure notato che in quelle estremità delle brughere, le quali confinano coi margini delle strade pubbliche, e sulle quali si getta la polvere e la mota o fango, che si leva dalle strade stesse, non allignano più il brugo, nè le altre erbe con esso conviventi, ma nascono invece erbe di ben diversi generi, le quali in capo a qualche anno formano un pratello naturale. Eppure la polvere e la mota anzidette non sono che triturazioni di quelle ghiaje, dal cui sgretolamento e sfacimento deriva la terra delle brughere. Ora, qual'è la causa di questo curioso fenomeno? — Più volte mossi a me stesso questa domanda, e pensavo di avervi trovata la risposta in ciò: La brughera non viene mai nè zappata, nè arata, nè vangata, ossia il suolo della brughera non è mai smosso, perciò le piante, che da secoli vi vegetarono, consumarono molto de' principj terrosi o degli elementi inorganici del suolo, onde nacque che solo poche specie di piante, alla cui vita forse bastano pochi elementi inorganici, possano allignarvi, mentre tutte le altre piante non trovando le terre necessarie alla loro vegetazione, vi muojono. Ma

---

(1) Chi volesse giudicare a *priori* intorno alla maggiore o minore feracità di un terreno, stimerebbero certamente che una terra ricchissima di silice e misera di calce, debba naturalmente essere poco produttiva. Ma numerosissimi fatti manderebbero in fumo cotesto specioso ragionamento teorico: imperciocchè oltre la *terra nera* abbiamo anche le terre del Brasile da Boussingault (*Agronomie, Chimie végétale*, ecc., Tom 2, pag. 17) messe fra le più fertili terre conosciute, le quali derivano da roccie feldspatiche e non contengono che qualche millesima parte di calce. Oltre di che Laugier ne dà l'analisi di parecchie terre del Senegal, nelle quali non si trovano che traccie di calce, e che ciononostante sono feraci, e Dévy e Berthier ed altri con accuratissime analisi di altre terre pure assai produttive anche di cereali ci confermano questa verità.

alcune esperienze fatte in proposito mi chiarirono essere questa nè l'unica, nè la prevalente cagione, la quale ci fu invece additata primieramente, per quanto credo, da Thaer (1). « L'humus acido, « egli dice, è prodotto da vegetali, che contengono molto tannino, « od almeno qualche cosa di simile e particolarmente dall' erica, « anche quand'essa vegeta in luoghi asciutti (mentre per le altre « piante abbisogna molta umidità a produrre l' humus acido). Nei « luoghi, in cui questa famiglia di piante vivaci ha preso possesso « del suolo, si trova spesso una terra, il cui colore, affatto nero, « è essenzialmente dovuto all'humus, benchè, secondo ogni ap- « parenza, il ferro abbiavi qualche parte. Per verità, quest'humus « è assolutamente insolubile, e non favorisce che la vegetazione « di que' soli vegetali, da cui è provenuto, e questi vegetali non « prosperano che soltanto colà, ove lo trovano. L'erica non prova « che stentatamente ne' luoghi in cui non esiste quest' humus, e là, « ove essa è stabilita, non tollera, che la presenza di poche altre « piante (2). » E che l'acidità dell'humus, procedente da un acido analogo assai all'acetico, ed al tannico, il quale potrebbe denominarsi *erico*, sia la precipua cagione della sterilità delle brughere, è oggidì ammesso dai più autorevoli Agronomi (3), e spiega assai bene ciò, che aveva di già avvertito David Low (4), che cioè le eriche abbondano ne' terreni di più disparata natura, ossia nelle più forti argille, nelle più povere arene silicee, e ne' terreni calcari sterilissimi, quale la creta.

S'è visto che a formare il terreno delle nostre brughere concorre in ragguardevole quantità il feldspato; giacchè i graniti, i gneis, le selagiti ne sono composti quasi per la metà, ed i porfidi quasi interamente. Ora tutti sanno che il feldspato non è che un silicato doppio d'allumina e potassa, cento parti del quale con-

---

(1) THAER. *Principes raisonnés d' agriculture* Tom. 2.

(2) Ciò è verissimo: e di fermo le piantine, che prosperano nelle brughere, formano una tribù di vegetali sì inospitale, selvaggia ed intollerante, che non ammette altra nel suo consorzio, e che qualora siavi a ciò costretta, preferisce la morte, così, come si narra di alcuni popoli selvaggi dell'America.

(3) Deherain, citato da Boussingault (*Argronomie, Chimie,* ecc. Vol. 1, pag. 362) trovò in un chilogrammo della terra di brughera della tenuta di Mesnil, vicino a Bracieux nella Sologna, 0 gr., 0,18 di acido acetico. Veggasi anche su questo particolare quanto scriveva il Marchese Cosimo Ridolfi nel suo *Saggio d' agrologia* a pag. 153.

(4) David Low, *Elements d'agriculture pratique,* T. 1. pag. 33; 1739.

tengono 60 di silice, 24 d'allumina, e 16 di potassa (1); ed è poi notissimo che suolsi ripetere la formazione delle argille, specialmente dalla decomposizione de'feldspati. Se ciò sta, e penso nessuno voglia negarlo, si dovrebbe credere che nella terra delle nostre brughere debba trovarsi un'assai notevole quantità di potassa, cioè dal 2 al 4 per cento: e sarebbe poi meraviglioso che l'acido delle brughere si trovasse commisto ad un sì potente alcali senza rimanerne neutralizzato. Eppure il fatto sta contro a questa induzione sì ragionevole, e le indagini istituite onde mettere in sodo l'esistenza della potassa in quella parte della superficie delle brughere, in cui si stendono le radici dell'erica, e che è si ricca di acido, provano che, o non ne esiste punto, o solo in piccolissima quantità, mentre in quel terreno facilmente si riconosce la silice, l'allumina, il ferro e tutte quelle altre sostanze, onde risultano composte le roccie, dal cui sfacimento derivano. Che fu adunque di quella notevole quantità di potassa, la quale non poteva a meno che esservi primitivamente, e che tuttora deve trovarsi negli strati inferiori, com'è chiarito specialmente dal prosperare delle viti in quelle terre? La consumò tutta la vegetazione antecedente, o disciolta dalle acque fu altrove trasportata, sicchè del doppio silicato d'allumina e potassa non rimase in posto che la silice e l'allumina? Forse avvenne l'una cosa e l'altra, e forse la primitiva vegetazione agì più poderosamente per la scomparsa della potassa, che non le acque.

In quale stato si trovasse il nostro paese

pria che il cervo
La foresta scorresse, e pria che l'uomo
Dalla gran madre antica alzasse il capo,

non è agevole il dirlo: è però certo che in epoche storiche i boschi vi abbondassero, ed è assai probabile che anche colà dove, oggidì l'animo è contristato dallo squallore degli scopeti, se non dovunque, in molte parti almeno sorgessero le ghiandose quercie ed i resinosi pini (2). Essendo poi numerosi ed estesi i boschi,

---

(1) Tale è la composizione del feldspato secondo la maggior parte de' mineraloghi; Berthier però gli assegna quest'altra: Silice 64,2, allumina 18,4, potassa 17,0.

(2) In Polibio infatti leggiamo: « Al mezzodì dei monti sonovi cam- « pagne poste nella parte più boreale d'Italia, le quali sono di gran « lunga più fertili di quelle, che conosciamo in Europa, e provvedute « di tutto..... Quanta sia la ghianda fornita dai querceti, che di tratto

le pioggie dovevano essere e più frequenti e meno irregolari, e perciò più ricchi d'acque i nostri fiumi, molti de' nostri torrenti attuali conservavano perenni le loro acque, e parecchie vallette, da cui ora estraesi la torba, erano laghi (1). In quale tempo poi si distruggessero quegli estesi querceti e pineti, se cioè nelle lunghe ed aspre lotte tra gli invasori Romani ed i Galli, i quali, poco amici delle città preferivano di albergare e di cercar ricovero nei boschi, oppure in altre epoche, gli eruditi cel dicano. A me basta sapere che il nostro paese era un tempo in gran parte selvoso, nè punto inverosimile che molta parte delle brughere attuali fosse alberata, massime di roveri e pini, perchè cotesti alberi ancora vi allignano, ed i vasti tratti degli scopeti di Mozzate, Cislago, ecc., a memoria d'uomini ridotti a bosco, provano luminosamente che quel terreno non vi è punto contrario. Oltre di che la notevole quantità di terra che trovasi in vasti ed estesi tratti delle brughere, anche ad una certa profondità, e che deriva dallo sfacimento de' ciottoli, mi fa inclinato a credere che questo sfacimento più che dalle influenze meteoriche, le quali agiscono alla superficie ed a poca profondità, sia un effetto della vegetazione di alberi provvisti di grosse e profonde radici.

« in tratto osservansi per quelle campagne, intendesi facilmente da « quanto sono per dire. Imperocchè uccidendo gli Itali moltissimi porci « e per valersene al giornaliero vitto e per conservarne ad uso degli « eserciti, la massima parte viene somministrata solamente da questa « pianura ». Ed in Strabone: « I boschi tanta ghianda producono nella « Gallia Citeriore, che dai porci colà pasciuti alimentasi Roma.... Vi si « trovano officine meravigliose di pece ». V. Jacini. *La proprietà fondiaria in Lombardia,* 2. ediz. Mil. 1856. p. 22 e 26.

(1) « Attesa la *copia delle acque* la Gallia Citeriore è ricchissima di milio, ecc. » Strabone, l. c. — L'egregio sig. Commendatore Stefano Iacini nel pregievolissimo suo libro, citato nella nota antecedente, crede che qui per *copia delle acque* si debba intendere l'irrigazione: a me pare che tale interpretazione non sia la vera; imperciocchè il miglio non si irriga, ma cresce e porta molto frutto ne' terreni un po' umidi, e freschi o naturalmente o per la frequenza delle pioggie. L'irrigazione stimo che a que' tempi fosse limitata solo ai prati, ed infatti Virgilio dice: *Claudite jam rivos, pueri, sat prata biberunt.* Egloga 3., v. III. Del resto chi considera che gli antichi popoli fissavano di preferenza le loro sedi lungo le acque correnti, od in vicinanza ai laghi, perchè l'acqua è principalissimo elemento della vita, e necessaria alla pastorizia, occupazione quasi esclusiva di quelle genti, e chi consideri altresì che molti de' villaggi della regione, di cui si parla, chiariti a non dubbie prove di assai antica origine, ora scarseggiano d'acque e sono costretti ad attingerla faticosamente da profondissimi pozzi, troverà non infondata la mia supposizione, nè sarà restio a credere che colà molti secoli addietro fossero più numerose le correnti acque ed i laghetti.

Se ciò realmente fu, è manifesto e chiaro il motivo, per cui gran parte della potassa, che eravi primitivamente in que' terreni, sia scomparsa. Non v'ha forse albero, nella composizione de' tessuti del quale non entri potassa; ond'è che i terreni, che per lunghi secoli nutrirono alberi, devono impoverirsi assai e quasi rimaner privi di questa sostanza, quando con concimazioni od altrimenti non si sia loro ridata. Ben è vero che nelle ceneri dei vegetali insieme alla potassa trovansi anche silice, ferro, magnesia, ecc.; ma oltrecchè coteste sostanze non sono mai largamente attuate (1), la loro quantità è sì grande, che la fantasia si spaventa nell'immaginare quanti secoli dovrebbero trascorrere prima che per l'opera della vegetazione dispaja dalle nostre brughere la silice ed il ferro che vi si contengono.

Posto adunque che le quercie, i pini, e fors'anco i castagni fossero stati tagliati e levati dalla brughera, doveva restarvi un suolo assai povero di alcali, e ricco invece del tannino proveniente dagli avanzi delle piante e specialmente dalle radici e dalle foglie; e forse la stessa cosa doveva accadere qualora gli alberi atterrati si fossero lasciati marcire in luogo. Imperciocchè, in questo secondo caso, se la potassa rimaneva sul luogo, vi rimaneva altresì gran copia di materia vegetale ricchissima di tannino, da cui pare derivi l'acido delle brughere; e per questa prevalenza di acido la vegetazione consentiva, era mestieri si limitasse a quelle sole piante, a cui l'acido, non solo non è nemico, ma anzi necessario: mentre i sali di potassa sciolti dalle pioggie dovevano in gran parte assieme ad esse approfondarsi nel porosissimo suolo, e gli scarsi residui essere assorbiti dalle novelle piante e specialmente dall' erica, le cui ceneri pure ne contengono (2). Che

---

(1) Uso qui il verbo *attuare* nel significato di sciogliere e stemperare una cosa solida per essere indi così assorbita. Sebbene in questo senso il Dizionario non la registri, pure l' ho udita più d'una volta in Toscana adoperata in questo significato, e Redi ce ne fornisce più d'un esempio, fra cui scelgo il seguente che parmi molto appropriato: « Quelle pietre preziose del lattovaro jacintino non sono abili ad essere attuate dallo stomaco. » Consulti ed opuscoli medici di Francesco Redi. Firenze. Lemonier, pag. 239.

(2) Secondo Berthier (Traité des essais, T. 1. p. 268) l'erica ha la seguente composizione nelle sue ceneri:

se non si volesse ammettere che la vegetazione sia stata l'unica causa della scomparsa della potassa da un terreno, che ne doveva essere copiosamente fornito, perchè ricchissimo di feldspato, e ciò tanto più, in quanto che non è poi ben chiarito e dimostrato che gli attuali scopeti in altre epoche fossero selve, resta ancora un'altro modo di spiegare questo fatto.

Chi non è affatto digiuno di mineralogia sa che il feldspato comune ci offre un fenomeno (1) assai curioso, qual'è la fatiscenza o decomposizione spontanea, per cui muta non solo d'aspetto, ma eziandio di composizione, sicchè da materia assai dura, di lucentezza vitrea o madreperlacea, di struttura lamellare, che non si scioglie, nè si stempera nell'acqua, si converte in una fine argilla, senza coesione, tenera, che si stempera facilmente nell'acqua, la cui composizione, secondo Berthier, è la seguente:

Silice	46,8
Allumina	37,3
Potassa	2,5
Acqua	13,0
	99,6

mentre, secondo lo stesso autore, il feldspato sarebbe così composto:

Silice	64,2
Allumina	18,4
Potassa	17,0
	99,6

Solfato di potassa	0, 050
Cloruro di potassio	0, 012
Carbonato di potassa	0, 068
Silice	0, 375
Carbonato di calce	0, 280
Fosfato di calce	0, 130
Magnesia	0, 010
Ossido di ferro	0, 014
Ossido di manganese	0, 061
	1, 000

Notisi che quest'erica fu raccolta a Nemours.

(1) Un fenomeno pari si manifesta anche nell'anfibolo, nella mica e nel pirosseno.

Dal che, come vedesi, per la fatiscenza il feldspato comune da silicato doppio anidro di allumina e potassa si muta in silicato idrato di allumina con una lieve mescolanza di potassa.

In virtù di quali potenze accada cotesta notevolissima alterazione, non è forse ancor ben manifesto, giacchè alcuni la fanno dipendere dall'acqua, altri, come Brougniard, dall' acqua e dall' elettricità, ed altri ancora, come Ebelmen, dall' acido carbonico dell' atmosfera. In generale però ora si reputa che la decomposizione del feldspato e di altri silicati sia l' effetto di influenze meteoriche ajutate dall' acido carbonico (1).

Checcchè si possa credere di queste teorie, rimane però sempre il fatto che il feldspato si scompone, e da roccia durissima si cambia in una molle e pastosa argilla. Parecchie volte in terreni coltivati od a boschi, vidi e ciottoli e grossi massi di granito e di gneis messi allo scoperto, alla profondità fino di 4 metri, che parevano inalterati, ma che sfregati con un sasso od un bastone si riducevano in una mescolanza terrosa di argilla ed arena micacea: e più spesso osservai ciottoli di granito e di gneis, ed anche di porfido estratti dalla terra e lasciati esposti alle vicende atmosferiche e specialmente ai geli ed ai disgeli, dopo alcuni mesi aver perduto affatto la loro forma ed apparenza, ed essersi mutati in una terra incoerente, e bianchiccia per il predominio delle particelle quarzose. Di coteste terre empiei nelle primavere del 1864 e 65 alcuni vasi, ne' quali senza avervi messo concime di sorta seminai varie di quelle erbe, che crescono spontanee nei siti incolti: ai vasi poi sottoposi un tegame, onde raccogliere l'acqua che potesse escire dal fondo forato del vaso, la quale veniva poscia riassorbita dalla terra del vaso stesso. Tutte le erbe seminate nacquero, fiorirono e fruttificarono a tempo debito: poi, in sul finire degli autunni successivi svuotai que' vasi, e trovai che la terra contenuta in alcuni, in cui erano seminate certe erbe, si era mantenuta quasi inalterata, mentre quella de' vasi, in cui erano seminate certe altre erbe, erasi assai cambiata nell' aspetto, ed aveva assunta quella tinta bruno-giallastra, che è propria delle nostre terre coltivate e magre. Cotesto ridursi d' un ciottolo di saldissimo

(1) V. Boussingault. *Économie rurale.* T. I, pag. 569. A conferma di ciò viene opportuno il fatto riferito dai geologi, che cioè « nell' Alvernia lo sviluppo del gas acido carbonio è sì grande ed esercita « un'azione tale sui graniti, che si decompongono quasi affetti da cancrena, cui appunto Dolomieu descrisse sotto il nome di malattia del « granito.. » V. Stoppani, *Politecnico,* fascicolo dell' Ottobre e Novembre 1864, p. 29

granito in una terra atta alla vegetazione non può che attribuirsi alla metamorfosi del feldspato ed in parte anche della mica, giacchè in questa terra non si riconosceva più il feldspato, e si trovavano anche poco numerose le fogliette di mica, laddove il quarzo vedevasi inalterato: nè sono contrario al credere che anche il protossido di ferro, spesso commisto alle roccie primitive, contribuisce a queste modificazioni coll'ossidarsi di più, e farsi perfino ocraceo. Da ciò parmi si possa dedurre che se gli influssi meteorici dispongono grandemente queste maniere di roccie a mutarsi in terra atta alla vegetazione, alcune piante ajutano mirabilmente cotesta operazione, e fanno che si compia in un tempo assai più breve (1).

Da ciò che son venuto forse troppo diffusamente (2) fin qui esponendo risulta evidente che il terreno delle nostre brughere, generalmente parlando, si ha a considerare come un terreno siliciosо, de' più sciolti, profondi e leggieri, povero di terriccio e d'ogni altra maniera d'ingrasso (3), poverissimo di calce, ma

(1) Quando considero che le colonne, gli obelischi, e gli altri massi lavorati di granito, di porfido, ecc., onde son formati parecchi monumenti di un'epoca assai rimota, i quali quantunque per secoli e secoli rimanessero esposti agli influssi atmosferici, pure si conservano intatti, mentre molti ciottoli delle stesse roccie esistenti anche alla profondità di alcuni metri in terreni coltivati, allorchè sieno dissotterrati facilmente si sfanno, sono tentato a credere che la decomposizione del feldspato, e della mica sia più presto l'effetto della virtù della vegetazione, che si svolge entro terra intorno a quei massi, che non dell'aria e de' fenomeni che in essa si avvicendano. Ed in questa credenza mi rafferma quanto mi venne più d'una volta assicurato dai selciatori delle vie, che cioè i ciottoli più durevoli e resistenti e perciò più opportuni per acciottolare le strade sono quelli che estraggonsi dalle acque correnti, dalle brughere dov'è più stenta e misera la vegetazione, ed anche dai cavi della ghiaja, ma a molta profondità, perchè se si usassero quelli, che si trovano nello strato coltivato, o poco sotto, presto si vedrebbero fessi e stritolati.

(2) A chi mi volesse muovere rimprovero di eccessiva ed inutile lunghezza in questa parte del mio lavoro, e d'essermi perduto in quistioni che paiono estranee alla agricoltura, risponderei colle seguenti parole di Boussingault. « La composizione chimica della terra atta alla « vegetazione deve necessariamente partecipare della natura delle roccie, « onde deriva; e gli elementi costituenti le specie minerali devono tro- « varsi nei suoli, che per l'effetto del tempo o per l'industria dell'uomo « servono alla riproduzione dei vegetali. Perciò interessa cotanto il co- « noscere la composizione dei minerali più copiosamente sparsi nella « massa solida del nostro pianeta ». *Économie rurale*, T. I, pag. 571.

(3) Questa povertà di terriccio dipende da due cagioni, la prime delle quali è che nel levare l'erica suolsi levarne insieme ed asportarne dalla

che conserva e racchiude parecchi elementi inorganici tuttora intatti e vergini, valevoli a migliorarlo notevolmente, e la cui parte superficiale contiene un acido nemico alla vita de' più proficui vegetali. Or bene da queste premesse noi possiamo trarre i principj o precetti direttivi, ossia le norme, che devono guidare l'agricoltore nel dissodamento più vantaggioso delle brughere.

Queste norme si ponno ridurre a due, vale a dire: 1.° distruggere quell' acido molto analogo all'acetico, che favorisce la vegetazione dell'erica ed è micidiale a quello di quasi tutte le piante utili; 2.° procurare quanto più si può la disaggregazione, lo sgretolamento o lo sfacimento de' ciottoli e delle ghiaje per ottenere maggior copia di terra, e questa meno porosa, o, a meglio dire, con minori e men larghi vani, che non abbia l'attuale. Col primo mezzo avrassi un suolo conveniente alla vegetazione di quelle piante, che vivono e prosperano nel nostro clima: coll' altra otterremo di avere un suolo bastevolmente alto ed unito, in cui possano stendersi ed approfondarsi le radici, trattenersi le acque siano piovane che d' altra provenienza, e con cui possa mescolarsi il concime senz' esser troppo facilmente trasportato in basso dalla filtrazione delle acque, e dove il decomporsi dell' ingrasso non avvenga con troppa prestezza a grave detrimento della vegetazione.

Ciò posto, come dovrà condursi chi volesse convertire alcun tratto di questo gramo e quasi inutile scopeto in un terreno produttivo? Il modo sarà diverso a seconda degli intendimenti, e più ancora della potenza pecuniaria di chi volesse assumersi questa benefica impresa. Imperciocchè altrimenti deve procedere chi vuol ridurre la brughera a bosco, e chi vuol invece farne campi; e ancora non seguirà lo stesso metodo chi presto vuol averne un frutto pur che sia, e chi vuol averne un terreno quanto più può produttivo.

Allorche si voglia ridurre la brughera a bosco, è mestieri in prima levar l' erica, e spargervi un po' di calce, indi rompere la terra o dissodarla con zapponi, ed alla necessaria distanza scavare i fossi o far gli scassi. Cotesti lavori si facciano in autunno innanzi che la terra geli. Venuta la primavera, si raccolgano i ciot-

---

brughera le radici, e molta parte della terra, che le abbraccia; e l'altra che è la più poderosa, consiste nella soverchia permeabilità o porosità del terreno, per la quale essendo libero e facile sia il penetrare dell' aria ne' suoi interstizii o vani, che il rinnovarsi di essa, s'affretta la decomposizione del terriccio e d'ogni altra sostanza organica, che potesse trovarvisi o formarvisi.

toli messi allo scoperto ne' lavori autunnali e che nel verno non si sono sfatti, e si seppelliscano in una buca appositamente aperta in una parte qualsiasi della brughera, oppure si trasportino altrove per usarli nelle murature od altrimenti; poi nel fondo dei fossi o degli scassi, che giova siano profondi da metri 0,80 ad 1, si riponga sterpi misti alla terra ed a calce, o meglio ingrassi preparati col metodo di Jauffret, e su di essi le piante, intorno alle cui radici si sparge un po' di buon concime, indi si riempiono i fossi colla terra, alla quale pure sarebbe utile aggiungere un po' di calce: poi si comprime quanto più si può il terreno per diminuirne la eccessiva e dannosa permeabilità. Gli alberi che pajono più appropriati a queste terre sono le roveri, i cerri, i castagni, le robinie, le betule, i carpini, gli ailanti ed i platani: anche i pini vi provano bene, ma a mio giudizio non devono ivi coltivarsi, perchè troppo son lenti nel crescere, dànno poca e cattiva legna da ardere, e legnami da costruzione deboli, e rosi facilmente dal tarlo (1); poi sono bene spesso danneggiati dalla falena processionaria (2). Avverta si solo che mentre si ponno impunemente piantare nello stesso luogo quercie e robinie, purchè non si nocciano gli uni cogli altri, sarebbe dannoso il fare un bosco di castagni e robinie, giacchè queste in pochi anni rovinerebbero quelli.

Potrà a taluno sembrare soverchiamente dispendioso il metodo proposto a preparare il bosco: ma tale nol giudicherà chi rifletta essere il suolo e sottosuolo delle brughere quasi sprovvisti di terriccio, e che perciò se non vi si ripara artificialmente gli alberi piantati non potranno prosperare, ma verran su stenti e quasi dico rachitici, ed in capo a qualche anno o morranno o si dovranno estirpare, rendendo meno dell'erica. Laddove animandone ed eccitandone ne' primi anni la vegetazione, gli alberi acquisteranno vigore, spanderanno ed approfondiranno le loro radici in

---

(1) Circa la sconvenienza de' pini nelle fabbriche da noi corre il seguente dettato:

Chi fabbrica coi pin e cont i lott,
El gha 'na cà che ghe dura peu nagott,

che suona: Chi nel fabbricare usa pini e mattoni non cotti, si fa una casa, che presto rovina.

(2) Alcuni agronomi propongono come alberi convenienti ai terreni siliciosi ed aridi, quali le brughere, queste piante cioè il negundo, il tifino o sommacco peloso, il moro della China (*broussonétia papyrifera*) il tulipifero, e la catalpa. Non avendo io mai visti ne' nostri scopeti siffatti alberi, nulla posso dire circa il valore di questa proposta, la quale però parmi ragionevole e degna quindi d' essere messa alla prova.

cerca di quel po' d'alimento, che non foss'altro le acque introdussero nella terra, e coll' abbondanza delle foglie sottrarranno all'aria più validamente que' principj, di cui abbisognano per nutrirsi. Poi è vero sì che la terra è sincera e grata, ma la gratitudine è ricambio, nè può quindi aspettarsi da chi nulla ha ricevuto, ed è poi sempre in ragione diretta di quanto fu dato. Avaro agricoltor non fu mai ricco (1). Il dissodare e lo spargere di calce anche gli spazj che sono fra i filari degli alberi è necessario pure per distruggere l'erica, la quale altrimenti ripullula a grave scapito del bosco: anzi gioverebbe assai lo zappare ed arare spesso questi spazj, massime d'autunno, almeno ne' primi anni, e più ancora il farvi qualche sovescio di lupini. Ben è vero che potrebbesi risparmiar la calce là, ove vogliansi piantare roveri, robinie e betule, le quali allignano naturalmente nelle nostre brughere, non risentendo danno dal suo acido: ma oltre che usando della calce cotesti alberi prosperano assai meglio, e col maggior prodotto compensano presto ad usura la lieve spesa della compera della calce, si ha il notevolissimo vantaggio di migliorare d'assai il terreno, e disporlo a farsi in breve un buon campo, quando si estirpino gli alberi. Imperciocchè la calce oltre agli altri benefici effetti sulla vegetazione ben noti agli agricoltori, ha eziandio quello assai importante nel caso nostro di estricare la potassa dalle pietre feldspatiche, di cui abbonda la brughera. Del resto non fallirà mai il tornaconto a chi vuole senza grettezza ridurre a bosco la brughera, giacchè il terreno vi è opportunissimo essendo profondo e permeabile, e d'altra parte il bisogno della legna sia da fuoco che da costruzione aumenta ogni dì più.

Ciò quanto ai boschi da piantarsi nelle brughere. Che se alcuno volesse invece così alla prima e senz'altra precedenza convertire le brughere in campi, o prati, potrebbe procedere allora di questo modo. D'autunno si levi l'erica (2) poi si sparga

(1) So di un esteso bosco di robinie, piantate senza ingrasso di sorta in un tratto di brughera argillosa, che è forse da noi il più ricco di terriccio, il qual bosco ne' primi anni crebbe a meraviglia, ma dopo 20 anni disparve per lasciar luogo di nuovo alla sola erica.

(2) In una scuola d'agraria ho udito proporre come primo atto del dissodamento delle nostre brughere l'abbruciatura dell'erica, e so che in altri paesi ciò si pratica. Io penso che cotesta proposta non sia da seguirsi, almeno da noi, nè da imitarsi quella pratica. Il già citato conte Luigi Bossi dice d'aver veduto incendiare le brughere nella Germania, nella Francia, nel Piemonte, *non però con effetto soddisfacente,* e Bethmont, Moll e Boussingault condannano questo costume (V. *Bulletin de l'Agence d'Agriculture de la Belgique, 5 Avril* 1864). Infatti ap-

di calce (1), e si rompa profondamente il terreno con zapponi (2) se è ghiajoso, e si ari pure profondamente con un appropriato aratro, se è argilloso, e si lasci così per tutto il verno, affinchè colle vicende de' geli e sgeli la terra si apra e si trituri, e si frantumino e sgretolino i ciottoli. Giunta la primavera si levino que' ciottoli, che non si sfecero nel verno (3), si sparga di nuovo il terreno con calce, per distruggere viemmeglio l'acido, e temperare il terreno, o, come si dice, correggerlo, emendarlo, si sparga un po' di concime qualsiasi, si ari (4), si erpichi e si seminino i lupini, i quali quando sieno prossimi alla fioritura si sovesciano, poscia si rulli il terreno allo scopo di im-

---

piccando il fuoco all' erica de'nostri scopeti noi non solo perdiamo tutta la parte organica di questa pianta, conservandone soltanto le ceneri, ma distruggiamo altresì parte di quel po' di terriccio, che havvi nel suolo, e rendiamo il suolo stesso più permeabile ancora. Insomma la abbruciatura ne dà parecchi svantaggi e danni, senza compenso veruno.

(1) Ignoro se la nostra lingua abbia una parola, la quale come il *chauler* de' Francesi esprima lo spargere della calce polverizzata sulla terra per renderla meglio atta alla vegetazione. La voce *calcinare*, che vedo usata da taluni in questo senso, è sconveniente perchè significando una ben diversa operazione genera equivoco. Forse non sarebbe impropria la voce *incalcinare* come quella che vuol dire anche *coprire con calcina,* e che fu usata da Ridolfi e da altri per indicare quell' operazione che si fa immergendo il grano o frumento da seminare nel latte di calce per liberarlo dai semi dell' *uredocaries.*

(2) Questa oper azione da noi si chiama *roncà,* parola da non scambiarsi colla toscana *roncare,* giacchè *roncare* significa lò svellere od estirpare delle piante, massime inutili e dannose, e sinonima anche con sarchiare, mentre la voce lombarda *roncà* dinota l' atto del rompere o dissodare un terreno incolto e trasandato per renderlo coltivabile.

(3) Cotesti ciottoli si seppelliranno o si trasporteranno altrove, come ho già detto, o meglio si stenderanno a guisa della ghiaja su quelle parti del campo, che saranno riservate per viuzze o testate (cavedagn cavezzaj), dalle quali si leverà in prima la terra per ispanderla sul resto del campo, onde accrescere l' altezza del suolo.

(4) Taluni costumano di árare il terreno della brughiera in primavera, e lasciarlo in riposo fino all'autunno. Questa pratica può tornar utile ne' tratti argillosi della brughera, ma riesce dannosa per i ghiajosi e siliciosi; poichè se in quelli col maggese estivo si divide e si sgretola meglio il terreno, in questi si disperde e si consuma inutilmente quel po' di terriccio, che vi si contiene, essendo noto che la fermentazione del terriccio e quindi la sua scomparsa del suolo comincia a $+ 12.^{\circ}$ C., ed è intensa a $+ 20.^{\circ}$ C, e nella state in quel terreno sciolto e non ombreggiato la temperatura supera di molto que' gradi di calore. V. Ridolfi. *Agrologia,* pag. 72.

pedire la troppo rapida fermentazione delle piante seppellite. Nel settembre, sparsa ancora un po' di calce, se si vuole, oppure calcinacci delle demolizioni delle case, se se ne hanno, si concimi generosamente con buon letame, che abbia poco fermentato, e si semini a segale. Questo cereale crescerà presto, cestirà molto, e darà un abbondante prodotto sia in paglia che in semi, i quali verranno ricercati per semente, perchè mondissimi, cioè senza mistura di semi d'altre erbe, se quelle sementi saranno state avanti ben vagliate e cernite, ossia private de' semi, che per solito imbrattano le segali, e specialmente l'agrostema ciano, il gittago ed il loglio. Mietuta la segale si lasci in riposo il terreno, poi in autunno si ari per sovesciare le erbe, che nella state allignarono nelle stoppie. Nella successiva primavera, premessa una buona concimazione, si semini granone o frumentone (zea mais), perchè oltre il prodotto che dà, colle sarchiature che richiede prepara ottimamente il terreno. Dopo ciò la brughera è diventata un buon campo, capace di tutte quelle maniere di coltivazioni che sono proprie alla contrada in cui trovasi.

Che se cotesto metodo, ch'io reputo il migliore, paresse un po' lento, e dispendioso di troppo, si potria seguire quest' altro. Premesso in autunno il dissodamento, nella primavera si sparga il terreno di calce, coprisi di concimi, si ari e si semini a pomi di terra: raccolti i quali, dopo i necessarj lavori in autunno si semini la segale, e subito dopo la mietitura di essa, si semini panico; indi in autunno segale ancora, in mezzo a cui nella primavera si sparga il trifoglio, del quale fassi un taglio nell' autunno, e due o tre nell' anno seguente. Di tal modo si otterranno più presto prodotti, ma non si prepara convenientemente il terreno; e cotesto metodo si potrebbe seguire solo ove la brughera sia di già naturalmente ben provvista di terriccio, com'è di quelle argillose e nelle quali l'erica si coglie non strappandola, come s'usa da noi, ma falciandola.

Se poi nelle brughere, che si bonificano, vogliansi piantare anche gelsi e viti, che vi prosperano assai bene, non bisogna metterli in filari sparsi nei campi, e come noi diciamo nelle *piane:* ma si scielga a ciò la parte settentrionale della brughera, che vuolsi coltivare, e là pe' gelsi si scavino profonde fosse, che si riempiono poi di terra mista a calce, concime e cuojattoli, e per le viti si facciano profondi scassi, ne' quali oltre alle sostanze anzidette si procuri di mettere anche ceneri, che saranno più giovevoli se non lisciviate. A chi non è nuovo all'agronomia facilmente si farà manifesta la convenienza di siffatta pratica. Se

si piantano gelsi, viti od altri alberi colà dove s'hanno a seminare cereali, a far prati, ecc., non si potrà nelle arature spingere in basso il coltro, chè dividerebbe e svellerebbe molte radici di quegli alberi: poi s'avrebbe il danno delle ombre e la sottrazione de' concimi destinati ai cereali, alle erbe, ecc. Oltre di che per essere di solito i terreni di brughera assai porosi e facilmente quindi permeabili all'aria ed all'acqua, che scioglie e seco trasporta i concimi, le radici degli alberi vi discendono a singolari profondità, e più d'una volta in queste nature di terreni vidi radici ancor grosse di viti e gelsi fino a sei metri sotto il suolo, ove trovavano l'umidità ed un po' d'alimento, nè erano privi d'aria (1). Si invitino adunque con profonde fosse e con durevoli concimi le radici degli alberi ad approfondarsi, anzichè a serpeggiare nel suolo ossia nello strato superiore del terreno, ed avremo ottenuto un grosso guadagno. Nè ciò si reputi una mera supposizione teorica, mentre la pratica la conferma, ed alcuni gelsi piantati in questo modo in un disfatticcio di scopeto prosperano a maraviglia, e vincono que' coltivati ne' migliori terreni circostanti.

È inutile poi l'aggiungere che ove il terreno sia troppo sassoso, com'è di alcuni tratti della Gradanasca, sarebbe stoltezza il tentare di ridurlo a campi coltivati: là si piantino alberi, e, come non si sia avari di ingrassi, prospereranno.

Dal sin qui detto penso appaja manifesto e chiaro che il dissodamento delle brughere non è poi impresa per sè difficile, e ne abbiamo anche evidenti riprove ne' vasti tratti coltivati massime nel passato secolo, ed anche in questo. Anzi perfino la Gradanasca, che da noi è il simbolo del più sterile terreno, ha nel suo mezzo due tenimenti, le Case Nuove e la Malpensa, che quasi oasi (mi si passi l'iperbole) interrompono quel deserto, e rallegrano coll'aspetto di una vegetazione non inferiore a quella degli altri colti di queste contrade. Ma se l'impresa non è ardua, è però dispendiosa non poco, esigendo anticipazioni di non lievi somme di danaro sia per i lavori, che per i concimi. E nell'epoca attuale, se non sono pochi i facoltosi, come da certi segni appare, scarseggia però grandemente quella già benemerita classe di ricchi od anche solo di agiati, che vogliano adoperare i loro danari nella santa opera di accrescere con nuovi e ben

(1) Ciò conferma validamente quanto dice Ridolfi a pag. 250 della sua *Agrologia*: « Un suolo naturalmente profondo, o reso tale con gli opportuni lavori, è ciò che meglio conviene per la cultura delle piante legnose, se specialmente sia facilmente permeabile all'aria ».

condotti lavori i mezzi di sostentamento alla sempre crescente massa contadinesca; imperocchè l'avidità de' *sùbiti guadagni*, benchè spesso funesta, e quasi sempre immorale, è sciaguratamente l'andazzo del tempo, ed il genio del secolo banchiere. Perciò il suolo, principale ricchezza perchè stabile, e fonte principalissima di ciò che è necessario all'esistenza, è trascurato e caduto a vilissimo prezzo, ed il contadino, elemento essenzialissimo della prosperità delle nazioni (1), è aggravato e martoriato in modo da essere dolorosamente costretto a cercare in remotissime regioni una patria meno ingrata. Il tempo, i disinganni ed una più matura riflessione porranno riparo a questa pubblica, gravissima e vergognosa sventura. Intanto però chi benchè povero di mezzi volesse pur trarre dalle sue brughere un meno misero raccolto, di quello che attualmente gli dà l'erica, ponga mente a quanto soggiungo.

Quantunque si soglia dire che le terre siliciose, cioè quelle molto ricche di silice, sieno sterilissime, pure credo non sieno veramente tali od almeno lo sieno in un grado minore delle calcari e cretose. Infatti più volte osservai che nelle terre silicee di fresco smosse, prive o certo poverissime di terriccio, parecchie erbe crescono e vi prosperano assai bene, come l'agrostema, il papavero, un rafano, una cicoria, una latuca, la linaria, la camomilla ed altre. Coteste erbe, a vero dire, se ne togli il papavero, che può servire di sovescio, ed il cui seme dà olio, e la camomilla che s'adopera quale medicamento, sono inutili, e ne' campi giustamente vengono considerate come dannose: pure in un luogo sterilissimo e non abile a coltura giovano non fosse altro ad accumular terriccio, massime quando si sovesciassero, e di tal modo bonificano il terreno. Tuttavia non consiglierei di sostituirle all'erica, poichè renderebbero meno di essa. V'ha però un'altra erba, la quale mentre migliora il terreno può dare un prodotto maggiore di quello dell'erica, e questa è l'*artemisia volgare*, la quale dicesi comunissima a tutta Europa, abbonda da noi ne' siti sterili o trascurati, nè manca ne' colti massime in vicinanza alle siepi (2). Essa è pianta vivace, e stimo nessuno

(1) Per quanto possano modificarsi, variarsi e mutarsi gli ordini della società degli uomini, non potrà però mai essere smentita questa sentenza di Columella: « *Sine agri cultoribus nec consistere mortales, nec ali posse manifestum est* ». Lib. 1.°

(2) I nostri contadini chiamanla *erba strega*, perchè si ficca dappertutto, ma l'erba strega secondo gli autori sarebbe la *linaria officinalis*.

l'abbia meglio descritta del Mattioli [1]. « L'artemisia volgare, egli dice, nasce quasi per tutto in ogni luogo, producendo più e più gambi da una sola radice, alti un gombito e mezzo e spesso maggiori, rosseggianti, tondi e strisciati. Le foglie ha ella più larghe dell'assenzio e più carnose e bianche dalla parte di sotto, quantunque quelle che sono nei gambi e nei rami sieno assai più piccole. Fa i fiori copiosissimi in grappoletti nella sommità dei ramoscelli, piccoli, pelosi, odorati e biancheggianti, dai quali nasce il seme assai minuto. La radice produce ella legnosa, ramosa e grossa come il dito piccolo della mano. Respira tutta la pianta di non ingrato odore ». Ne'nostri paesi veramente sono odorosi solo i fiori, non il resto della pianta, e mentre ne' siti coltivati non s'eleva a maggior altezza di quella dal Mattioli indicata, ne' luoghi sterili i gambi, che sono da 3 a 9 per ogni radice o ceppo, s'alzano talora fino a 3 metri, sono legnosi col diametro di uno a due centimetri; ed ove s'estende l'artemisia non si vede altra pianta od erba infuori d'una lattuca silvestre. Molte e potenti virtù medicinali s'attribuiscono a questa pianta, ed è sopratutto raccomandata contro alcune malattie nervose ed i vermi: ma lasciando che di ciò si occupino i medici e gli speziali, vediamo piuttosto se valga a prestare alcun vantaggio all'agricoltura.

Ho detto che l'artemisia prova meglio nelle terre silicee sterili, come i greti de' torrenti, i fondi delle cave di ghiaja, ecc., che non ne' terreni coltivati: ora aggiungo che i suoi fusti nel primo anno non arrivano ad avere un centimetro di diametro, ed hanno un sottile e debole strato legnoso, che racchiude midollo spugnoso, mentre ne'successivi anni i gambi, che ripullulano in primavera, verso la fine di settembre s'ingrossano assai più fino a toccare il diametro di due centimetri, si fanno legnosi e sodi, ed hanno poca parte midollare; e che se, nel giugno si taglino cotesti fusti, subito le radici ne rimetton altri, i quali come que' tagliati nel giugno hanno poco di parte legnosa, e molto della midollare. Ora i fusti colti nell'ottobre o nel novembre sono ottimi per abbruciare producendo viva fiamma e molto calore, e lasciando il 2 $1/4$ per 100 di cenere, e quegli tagliati nel giugno servono assai bene per lettiera delle bestie. Ciò posto, non sarebbe miglior consiglio il sostituire nella brughera l'artemisia volgare all'erica? credo che sì: imperciocchè a quali usi si destina l'erica? a lettiera delle

(1) I discorsi di Pietro Andrea Mattioli nei sei libri di Dioscoride della materia medicinale. Lib. 3.°, cap. 122.

bestie bovine, e quando sia alta e folta di rami, anche a preparare mannelli per i bosci de' bachi. Ora per questo secondo uso hannovi cent'altre materie pari o più opportune, e per lettiera l'erica è fra le sostanze le più sconvenienti, giacchè per essere legnosa e soda, quasi non assorbe le parti liquide del concime e tiene soffice e sollevate le solide per modo che l'aria vi penetra da ogni lato, s'accelera quindi la fermentazione, per mezzo della quale prima che siasi scomposto il tessuto legnoso, si è dissipata l'ammoniaca, e con essa altri principj fertilizzanti. Poi l'erica non si raccoglie che ogni 4 o 5 anni. I fusti dell'artemisia invece quando sieno tagliati due volte all'anno ci somministrano una quantità di lettierà almeno dieci volte maggiore di quella, che nello stesso spazio di terra ne dà l'erica, ma migliore d'assai, giacchè per essere spungosa assorbe e ritiene i liquidi, e fermenta più presto che non l'erica. Qualora poi non si volesse tagliare l'artemisia due volte all'anno, ma solo alla fine dell'autunno quando è alta e legnosa, allora la brughera ne fornirebbe d'un copioso combustibile migliore dell'erica, de' rami di robinia d'un anno, de' fusti del granone, de' lupini, della canape, del girasole, del topinambò e simili, con cui principalmente molti contadini oggidì sono costretti di alimentare i loro miseri fuochi. Oltre di che surrugando l'artemisia all'erica non solo si ricaverebbe dalla brughera assai più di quanto ora se ne trae, ma si preparerebbe altresì meglio il suo terreno a ridursi a coltura. Imperciocchè l'artemisia si falcia e non si strappa, e le sue numerose e grossette radici rimanendo nel suolo lo forniscono di terriccio, lo rendono men sciolto, e procurano meglio lo sfacimento de' ciottoli, essendochè questa pianta (per quanto mi consta da numerose e svariate esperienze fatte con parecchie maniere di piante) è quella, che colle sue radici più presto e meglio sgretola i ciottoli e decompone i feldspati: onde come vogliasi ridurre la brughera a campo, se si premise la coltivazione dell'artemisia, si richiederanno minori lavori, e meno quantità di concime: perciò il vantaggio sarebbe doppio.

Nè va taciuta a questo proposito un' altra considerazione, la quale ha, come suolsi dire, un valore tutto locale. Molti de' proprietarj delle brughere, e moltissimi dei contadini stimano necessaria la conservazione delle brughere per potere coll' erica preparare la lettiera alle bestie, ed aver così il concime necessario alla coltura de' campi: e questa è una delle cagioni, per cui si stanno dal dissodare le brughere, e, dopo la mancanza de' danari, il più forte degli argomenti che oppongono a chi loro ne

consiglj il dissodamento. La nullità di cotesto preteso forte argomento subito appare chiara e manifesta a chi pensi, che ne' paesi, i cui territorj sono privi di brughere, non si manca perciò di strami supplendo assai bene all'erica le paglie ed altre materie secche, le quali danno concime migliore e le quali si ha il mal uso di vendere ove hannovi brughere. Ma volendo pure non urtar di fronte l'inveterato pregiudizio, sostituendo l'artemisia all'erica basterebbe un'ottava, od anco una decima parte delle brughere attuali a dare lo strame per le lettiere nella quantità, che ora hassi dall'erica di tutte le brughere, e rimarrebbero di tal modo libere le altre parti per essere coltivate.

Non si creda tuttavia che la sostituzione dell'artemisia all'erica possa farsi senza dispendio veruno: dal nulla, nulla. È mestieri spargere un po' di calce, rompere un po' il terreno, giacchè se non si neutralizza l'acido, il seme dell'artemisia non germoglia, o se nasce, la pianta cresce a stento e presto muore; e ne ho ripetuta esperienza. La seminagione poi si fa in autunno, e si ripete nel marzo successivo: il seme si sparga abbondantemente chè sembrami che molta parte di lui non nasca, e sempre poi germoglia tardi, mentre i fusti, che vengono dai ceppi nei successivi anni, sono fra le prime piante che appajano dopo i geli invernali. Il seme poi, che è minutissimo, si raccoglie facilmente nel settembre e nell'ottobre dalle piante, che ovunque si trovano e ne sono copiosamente fornite. Alcune prove di quanto propongo, da me fatte, riuscirono: veda altri fornito di maggiori mezzi e di migliore agio di confermarle; che se *la scienza è lume alla pratica, questa è il freno moderatore delle speculazioni di quella.*

APPENDICE.

Il pensiero di ridurre le brughere a terreni produttivi non è punto nuovo; e prima assai che si proponessero arditi ed ingegnosi progetti allo scopo di bonificarle e render insieme più fertili le circostanti campagne si aveva rivolta la mente e l'opera a ciò; ma le cose procedevano lentamente per molte ragioni, che ora è inutile l'indagare, essendo ben diverse le condizioni attuali da quelle di que' tempi. Non va però taciuto che nella seconda metà del secolo passato, quando i nostri valentuomini, solleciti del pubblico bene più a fatti che a parole, s'adoperavano in ogni modo a rialzare il paese da quello stato miserando di abbiezione, a cui il tristissimo governo degli Spagnuoli l'aveva ridotto, si cercò di provvedere efficacemente anche a questa bisogna. E siccome si considerava, e non a torto, che una delle più poderose cagioni della trascurata bonificazione delle brughere stesse in ciò, che gran parte di esse era di proprietà comunale, così Maria Teresa con editto del 6 settembre 1779 ordinò che le brughere e gli altri terreni incolti di proprietà comunale si dovessero vendere o dare a livello coll'obbligo però a compratori di metterli a coltura. Allo scopo di rendere più facile e più proficua tale impresa ai compratori, il Governo nel 1781 fe' stampare tradotta in italiano l'opera di Turbilly: *Sulla coltivazione de' terreni incolti*, e la Società Patriottica di Milano, come più tardi il Governo Italico, con decreto del 28 luglio 1806, proposero premj a chi avesse scritto il miglior trattato intorno a quest'argomento. E ciò ne valeva ben la pena, poichè nel 1779 si calcolava che le brughere occupassero pertiche milanesi censuarie 99,580, pari a ettari 6,527. 62 sulla sinistra dell'Olona, e pertiche 108,200, o sieno ettari 7,081. 70 sulla destra.

Coteste provvidenze certo assai ragionevoli ed opportune, consigliate al Governo straniero da nostrali premurosi del vero vantaggio del paese, giovarono, ma non sortirono pieno il desiderato

effetto. Per cui Francesco I nel 1817 ordinava al Governo di Lombardia che gli presentasse un progetto valevole a raggiungere più efficacemente il desiderato scopo. Il Governo con dispaccio del 19 marzo di quell'anno invitava l'Istituto Lombardo ad assumersi cotesto incarico, e l'Istituto scelse a redigere il progetto una Giunta o Commissione composta del conte Luigi Bossi, dell'Ispettore Brocchi, del conte Dandolo e del cav. Venturi. Cotesti uomini insigni, preso con loro un abile ingegnere, che penso fosse l'egregio Muggiasca, visitarono le brughere e le vicine terre, fecero esami ed indagini, e, raccolto quanto stimarono necessario e conveniente all'uopo, stesero un'ampia relazione che lessero nell'adunanza straordinaria del 2 gennaio 1818 (1).

Da questa relazione appare che nel 1817 eravi ancora sulla sinistra dell'Olona circa un terzo delle brughere esistenti nel 1779, essendo gli altri due terzi stati ridotti a bosco, e che di quelle che si stendono sulla destra dell'Olona solo un quarto circa era stato dissodato.

La Giunta non fece osservazioni diligenti e minute intorno alla stato fisico ed alla natura chimica del terreno delle varie brughere, e notò solo che è un terreno d'alluvione sterilissimo, composto di ghiaja mista con sabbia, in gran parte selciosa, sulla quale uno strato sempre scarsissimo di *humus* o di terra vegetale non permette che il germogliare delle eriche, che questo terreno è *leggiero*, non fa pasta con l'acqua, e lascia passare liberamente le acque pluviali agli strati inferiori, che son formati da letti immensi di ciottoli, e che se le brughere rimangono per la maggior parte incolte ed infruttifere, ciò deriva dall'essere per la natura del loro terreno condannate ad una perpetua siccità.

Tenuto per fermo che la principale cagione della sterilità delle brughere sia la siccità, veniva piana e naturale la conseguenza che per bonificarle fosse necessario irrigarle, e quindi che si trovasse modo di far colà pervenire acque. E poichè il trarre quelle acque dai laghi, benchè non lontani, pareva alla Giunta troppo dispendiosa e rovinosa impresa, pensò di raccogliere e guidare le poche acque perenni, che sgorgano in varj luoghi soprastanti alle brughere, per canali molto abilmente progettati. I terreni, su cui fossersi

---

(1) Cotesta relazione per non so quale motivo rimase inedita fino al 1842, nel qual anno dal redivivo Istituto Lombardo (il quale pure con premi ed incoraggiamenti cerca di promuovere la bonificazione delle brughere) fu pubblicata nel Vol. 5.° del Giornale dell'I. R. Istituto Lombardo.

dirette quelle acque, sarebbero così divenuti prati e campi ubertosi: ma poichè queste acque perenni non bastano alla vastità delle brughere, conviene approfittarsi anche delle acque avventizie de' torrenti, le quali avrebbero disposte e preparate le brughere a potersi facilmente convertire in folte e fruttuose boscaglie. In que' tratti poi, su cui non fosse possibile in verun modo far giungere acque nè perenni, nè avventizie, consigliavano di seminare quercie, castagni e specialmente pini.

A vero dire in questa relazione gli uomini egregi e per molti titoli veramente onorandi, che la stesero, ed ai quali abbondavano tutti que'mezzi, di che potessero nell'opera loro abbisognare, appajono minori di loro stessi, e lasciano troppo a desiderare. Infatti, tacendo pure di altre cose, se la causa principalissima della sterilità del terreno delle brughere sta nell'essere desso ghiajoso, sabbioso, eccessivamente selcioso, quasi privo di terriccio, troppo facilmente permeabile all'acqua, e perciò condannato ad una perpetua siccità, e perchè mai sono parimenti sterili anche que' vasti tratti di brughera, il cui terreno è palesemente argilloso, e quindi in condizioni ben diverse, anzi opposte a quelle delle altre? Oltre di che come mai que' valentuomini non considerarono che anco senza l'irrigazione si poterono dalle brughere aver campagne di più che mediocre bontà e convenientissime ad alcune speciali colture, come quelle del lupino, de' pomi di terra, della segale, della vite e di parecchi altri alberi da frutta, mentre nelle loro escursioni avranno avuto agio di vedere contigui alle brughere non spregevoli campi e vigneti, il cui fondo da pochi anni era ancor brughera, e mentre ancora non avranno ignorato che perfino nel bel mezzo della Gradanasca (la peggiore delle brughere) esiste un non breve spazio di terra coltivata (le Case Nuove e la Malpensa), e sufficientemente ferace senza ajuto d'altra acqua, che di quella che cade dal Cielo? Poi dato pure, che mercè di diligenti, molteplici ed ingegnosi lavori idraulici, le acque perenni sgorganti al disopra della brughera si potessero condurvele, e dato altresì che fossero bastevoli, il che pochi vorranno concedere, massime nei prolungati non infrequenti alidori, ossia quando più se ne abbisogna, come potevano essi darsi a credere che potessero veramente irrigar que' terreni permeabilissimi ed oltremodo bibuli? L'Astrona, il Sorgiorile e l'Arno, il corso delle cui acque essi bene studiarono, dovevano dissuaderli, e farli accorti della impossibilità od almeno della somma difficoltà della cosa. Imperciocchè l'Astrona che conserva non piccol copia d'acqua infino a che scorre fra i colli ricchi d'argilla,

arrivata nella brughera, dopo non lungo tratto, scompare bevuta dal sassoso suo letto; ed il Sorgiorile e l'Arno, i quali pure, finchè scorrono fra terreni argillosi non difettano mai di acqua, giunti ne' terreni che sono da secoli e secoli coltivati, ma che hanno un sottosuolo ghiajoso e sabbioso, quantunque assai meno di quello delle brughere, si perdono anch' essi nelle porosità di quel terreno. Anzi l'Arno (dico il lombardo, non il toscano), il quale in taluni anni, per parecchi mesi di seguito, volge una ragguardevole copia di acque anche là dove per l' ordinario il suo letto è secco, ci offre il non comune fenomeno di un fiume, che quantunque non deviato per irrigazione od altro motivo, tuttavia non mette capo nè entra in altro fiume o lago, o mare, giacchè come ho detto, dispare insensibilmente fra le ghiaje, che giammai se ne saziano.

Coteste, ed altrettali ovvie considerazioni, le quali, chi ha conoscenza delle brughere, non può a meno di fare, forse resero inutile il lavoro della Giunta, benchè non privo di pregi. Ma l'idea di irrigare le brughere si mentenne viva, specialmente, perciocchè essendo stata insieme all'Istituto incaricata per ordine governativo anco la Direzione Generale Lombarda delle pubbliche costruzioni di fare studj su questo particolare, questa, avendo riconosciuto non essere possibile usare all'uopo le acque del Verbano, per le osservazioni e le indagini fatte dell'illustre Ing. Fumagalli trovò che si potevano derivare dal Ceresio [1]. E per dar vita a questo pensiero sorsero parecchi progetti, intorno al valore ed alla convenienza de' quali io non mi fermerò a discutere, non sentendomi da tanto, ed essendo già stati giudicati da giudici competentissimi. In mezzo a tanto armeggio di interessati *pro*, e di ragionevoli *contro*, io mi farò solo ardito a mettere in considerazione, che allorquando si parla di irrigare e di inondare, il secolo umanitario e democratico non dovrebbe tener solo l' occhio al quanto di più può produrre una vasta estensione di terre a vantaggio unicamente di pochissimi privilegiati già ricchi, ma che anco la salute de'moltissimi, che dovranno lavorare per gli altri quelle terre, merita pure un po' di riguardo, chè alla fin fine il *nerbo del lavoro è la salute del lavoratore:* altrimenti questi già troppo maltrattati contadini, i quali ora almeno hanno il benefizio

(1) V. Valsuani. *Memorie intorno ai progetti di irrigazione della parte settentrionale della provincia di Milano*, nel Giornale dell' Ing. Arch. ed Agron. anno X.

dell' aere salubre e vivace, concesso loro provvidamente dalla natura, quando ne sieno privati dai potenti e facoltosi, abbandoneranno con minor dispiacere e più facilmente le loro terre natie, divenute fonti di malattie, e l'emigrazione crescerà a dismisura con danno de' ricchi e con pregiudizio e disonore dell' Italia.

Gallarate, li 16 ottobre 1866.

Dott. Ercole Ferrario.

DELLE NUOVE ARMI A FUOCO PORTABILI

Da quando lo studio e la cognizione delle cose attinenti alla guerra cessarono di essere il geloso patrimonio della casta militare, ed entrarono, presso liberi popoli, nel dominio comune della scienza e delle arti, si videro in pochi anni succedersi e moltiplicarsi tanti ammiglioramenti nelle armi a fuoco, quanti prima non se ne erano fatti dall'epoca della loro invenzione.

Il nostro paese, nè qui occorre dire le ragioni, rimase quasi estraneo a tali studii e, tranne l'idea primogenia dei cannoni rigati, che fu poi con tanta fortuna usufruttata dagli stranieri, nulla fece e nulla tentó. E infatti, se gli ultimi venti anni hanno provato che gli Italiani non difettano di virtù militari, non possiamo dire ancora che essi posseggano quell'amore alle armi che è pure una delle precipue qualità dei popoli liberi: e quella stessa gioventù che, con ammirabile slancio, accorre alle armi, ogni volta che si innalza la bandiera di una guerra nazionale, si presenta nelle file ricca di coraggio e di annegazione ma generalmente sfornita di quelle discipline e digiuna di quella istruzione che formano la vera potenza degli eserciti. Siccome però sono le virtù cittadine che producono le virtù guerriere e queste sole che mantengono gli stati, così giova credere che anche gli studî militari si faranno pure tra di noi popolari. Perciò appunto crediamo cosa utile richiamando la attenzione dei nostri lettori sulla quistione del rinnovamento dell'armi, che dopo la guerra del 1866 è ritenuta da tutti gli stati una necessità.

I progressi nelle armi a fuoco in questi ultimi tempi ponno riassumersi nei tre dati seguenti:

1.° Giustezza nel colpire.
2.° Lunga gittata.
3.° Rapidità nei tiri.

L' arte di tirar giusto fu per lungo tempo un monopolio degli Svizzeri e dei Tirolesi. La carabina era l'arma privilegiata dei montanari e quindi solo l'Austria e la Svizzera possedevano corpi speciali di eccellenti tiratori. Cominciò il Piemonte a istituire i Bersaglieri (1836), poi Luigi Filippo in Francia (1840) e così di seguito altre nazioni, armando di fucili più precisi alcuni corpi.

L'introduzione del cannone rigato che portò un completo rivolgimento nell'arte della guerra indusse la convinzione che anche tutte le fanterie dovessero essere armate con fucili rigati di vari sistemi a seconda dei vari Stati

Ma al miglioramento delle armi non andò di pari passo la istruzione e quindi la valentia dei soldati nel tiro. Da quanto la esperienza dimostra, pare finora che la abilità nel tiro sia intimamente connessa colle libertà politiche. In Svizzera il tiro a segno era una vecchia abitudine che prese poi un maggiore sviluppo nelle circostanze in cui si trovò quel popolo durante le sue discordie intestine, che riuscirono al rinnovamento e consolidamento del patto Federale.

In Inghilterra furono i volontari che studiarono eccellere nell'abilità dell'imberciare, e il pubblico sovvenne della sua simpatia e di generosi sussidî quegli sforzi. L'esercito stanziale, ammesso per rappresentanze all'annuale convegno di Wimbledon, ove come in Isvizzera si incontrano persone di ogni classe sociale e di ogni pregio politico, cominciò per forza di emulazione a gareggiare di abilità coi volontari. In Inghilterra poi oltre al concorso dei tiratori, si apre nella stessa palestra un concorso per le armi, premiandosi le migliori. Ma se nella Svizzera si era portata la precisione dei tiri al massimo del possibile, se in Inghilterra si fabbricarono carabine capaci di portar la morte alla distanza di oltre due mila metri, il fucile a spillo prussiano dimostrò colla eloquenza di portentose vittorie, essersi raggiunta una potenza ancora più distruggitrice, quella cioè della rapidità dei tiri che da sè sola valeva ancora più che le altre due della gittata cioè e della precisione.

Innanzi però di discorrere degli studî che ora si stanno facendo intorno alle armi caricantisi per la culatta, vogliamo di volo accennare a quelle invenzioni che ci portarono appunto ai moderni risultamenti.

Durante la guerra d'Africa i così detti cacciatori di Vincennes, offesi a grandi distanze dal tiro delle carabine arabe, distanze alle quali non si poteva rispondere col fucile regolamentare francese, furono armati del fucile di invenzione Thouvenin, detto *a stelo* perchè appunto nel fondo della canna era verticalmente applicata una piccola asta dintorno alla quale si deponeva la polvere, mentre la palla, obbligata a trattenersi sulla estremità dell'asta stessa, veniva con colpi di bacchetta obbligata ad allargarsi e quindi insinuarsi nelle righe della canna. Era così abolito il martello usato nelle carabine Svizzere, e Tirolesi, e la carica si faceva rapidamente come con un fucile comune. L'arma inventata da Thouvenin, diede ottimi risultamenti, ma fu presto sostituita dalla carabina Minié il cui projettile oblungo e conico a guisa di una ghianda di rovere era evaso alla base, nella quale a forma di cono era messo un pezzo di ferro che spinto dentro al piombo per l'esplosione dei gas, lo costringevano ad allargarsi e a mettersi nelle righe della canna. Al cono di ferro si sostituì, in seguito, un tacco di legno duro, il quale toglieva il pericolo di perforare per intiero e quindi sformare la palla. Il projettile inventato da Minié può dirsi il vero punto di partenza delle moderne innovazioni. Questa palla avendo il centro di gravità alla cima, non si capovolgeva e giungeva a distanze fino allora sorprendenti. Venne in seguito la carabina inglese Enfield, della quale ora è armata non solo la fanteria regolare ma tutta la milizia e il corpo dei volontari della Gran Brettagna. Fu a grande stento che si potè fare di questa carabina un esperimento su vasta scala armandone alcuni reggimenti. Wellington, amante delle romorose ma poco offensive scariche di pelottone, prediligeva l'antico moschetto di fanteria: ma siccome la Francia aveva applicato a parte dell'esercito le armi rigate così qualche cosa si doveva pur fare anche dalla amministrazione inglese della guerra, e infatti quell'armata sbarcava in Crimea avendo circa un migliajo d'uomini muniti della carabina Enfield. E fu questa buona ventura, perocchè ad Inkermann gli allcati sarebbero probabilmente stati schiacciati, senza l'eroica resistenza delle Guardie Britanne che, per parecchie ore, sostennero sole l'impeto dell'esercito russo e certo non avrebbero potuto tenere fermo, senza la terribile Enfield che abbatteva a centinaja i nemici ed a distanze ove il loro fuoco era affatto inoffensivo. Alla battaglia di Balaklava il luogotenente Godfrey, valente tiratore seguito da pochi uomini, si portò innanzi al proprio battaglione e riparatosi in un fosso, tirò a seicento metri e con tanta abilità sugli artiglieri Russi man mano che i suoi

soldati gli porgevano le armi, che in poco tempo la batteria nemica fu ridotta al silenzio.

Ma la eccellenza di quest' arma che porta con precisione fino a 1800 piedi, non accontentò la tenace perseveranza inglese. Si volle di meglio, e Whitworth presentò una carabina della portata di 3,300 piedi, e fu chiamata l'arma perfetta per eccellenza. Un corrispondente dall' armata di Shermann scriveva = La carabina Whitworth fra le mani « dei tiratori ribelli è un' arma terribile, « perchè quasi a metà lega dalle linee nemiche i nostri soldati « vengono colpiti — Jeri un soldato, a venticinque minuti dagli « avamposti nemici, cadde attraversato da una palla mentre pas- « sava un ruscello su un tronco d'albero ». Ma a quest' arma tanto terribile si rimproverano alcuni speciali diffetti, quello specialissimo poi della rilevanza del costo essendo apprezzata al minimo L. 375. — Però si studia per modificarla e migliorarla.

Nella Svizzera fino dal 1850 si introdusse l'eccellente arma dei carabinieri; ora fu deliberato la introduzione del fucile per la fanteria, il quale non è che una leggera modificazione della carabina. — Il calibro di queste armi è ancora il più piccolo che si riscontri nelle armi da guerra; loro qualità precipue sono: grande forza di propulsione; sostenuta e lungamente la velocità iniziale del proiettile; la trajettoria quasi radente alla linea di mira, locchè costituisce un immenso vantaggio massime in campagna ove è assai difficile il valutare le distanze; minima la deviazione laterale; la forza di penetrazione ancora sorprendente a due chilometri di distanza; la munizione leggera, locchè permette di dare un gran numero di cartucce al soldato — Oltre a tutti questi sommi vantaggi il nuovo armamento svizzero offre quello di potervi facilmente applicare un sistema di caricamento per la culatta.

L' armamento italiano e russo sono quasi uguali al francese; l'austriaco si distinse per un calibro più piccolo al quale, come allo svizzero, si potrà con maggior vantaggio applicare il nuovo sistema di caricamento. —

Veniamo ora al sistema prussiano e all'ormai tradizionale *fucile a spillo.* Era questo prima della guerra del 1866 un mistero? — No, lo si trovava presso tutte le armerie d'Europa, ma come un oggetto di curiosità — Lo si era anche studiato — non in Italia però — ma i pratici avevano pronunciato avere il fucile prussiano il *difetto capitale di caricarlo troppo facilmente e troppo rapidamente,* pericoloso quindi pel soverchio consumo di munizioni, consumo che avrebbe portata la conseguenza che i soldati ne sarebbero privi al momento del bisogno più stringente. Gli inglesi

che avevano attentamente seguito tutte le fasi della guerra americana nelle quale i Separatisti con forze minori avevano per tanto tempo tenuto in iscacco gli eserciti del Nord mercè la riduzione fatta nei migliori modi possibili delle armi vecchie in armi caricantisi per la culatta, supplendo per tal modo alla minoranza dei combattenti colla moltiplicata rapidità del fuoco, gli inglesi più che altri fecero in argomento studi seri e comparati, mercè specialmente la cooperazione della associazione del tiro nazionale. — A voler dare anche un solo breve cenno di tutte le più o meno ingegnose invenzioni che si succedettero in brevissimo tempo, occorrerebbero volumi. — Gli inventori dichiarano tutti perfetti i loro congegni e quasi periodicamente vediamo annunciati dei nuovi portenti. Ma anche in questa materia, come in tutto, giova l' andar guardingo, nè accordare troppa fidanza ad esperimenti che ponno facilmente sorprendere coloro che non conoscono tutte le assolute e svariate esigenze di un'arma da guerra; esigenze alle quali vuolsi sagrificare talune di quelle qualità che pajono appunto le più sorprendenti. In fatti vediamo che in Austria si propende per un sistema, in Isvizzera per un altro, e per un altro in Inghilterra: questa divergenza di criteri di corpi certamente tutti competenti dimostra appunto come ancora oggi giorno si sia lontani dalla perfezione. Noi limiteremo per ciò le nostre considerazioni a quei sistemi che fra loro si disputano il primato. —

Tutte le armi caricantisi per la culatta si suddividino in due grandi categorie, affatto distinte fra loro pei principi di costruzione nel meccanismo di chiusura e nel meccanismo di scatto. — Alla 1.ª Categoria appartengono tutte quelle in cui il meccanismo di scatto è analogo, sotto molti aspetti, all'acciarino delle armi caricantisi per la bocca, in cui cioè, la forza *motrice* è data e trasmessa per mezzo di molle a lamina. Questo acciarino (poichè comunemente tal nome viene conservato anche in queste armi) è affatto indipendente dal meccanismo di chiusura, come p. e. riscontrasi nel fucile Peabody, ovvero vi è connesso come nel fucile Remington, dove si trova non laterale all'arma, ma posto simmetricamente nel mezzo.

Fatta tale differenza, tutte queste armi hanno comuni le seguenti proprietà: la testa del cane, ovvero la spranghetta che produce l'accensione della cartatuccia mediante percussione, arriva contro il fondo di questa dopo avere percorso uno spazio circolare, oppure dopo essere stata messa in movimento da un organo che in seguito alla forza impressagli da una molla a lamina eseguisce un moto di rotazione. Ne avviene che la corsa del cane

o della punta della spranghetta percuotitrice è assai limitata e non può estendersi sino al punto di perforare la cartuccia e attraversarla in buona parte come avviene nei fucili a spillo, dei quali diremo più sotto.

In secondo luogo la chiusura della culatta viene fatta per semplice contatto dell'otturatore coll'orificio posteriore della canna — questo avviene in tutte le armi sinora conosciute — e non è possibile modificare questo modo di chiusura, introducendo ad esempio quello usato nel fucile modello Chassepot, dove lo otturatore si immette per un certo tratto entro la canna stessa — a ciò recando impedimento la corsa troppo limitata della spranghetta percuotitrice. In tali armi è perciò necessario cercare la otturazione completa della culatta per mezzo della forma della cartuccia.

Queste due proprietà, comuni alle armi che abbiamo classificato nella prima categoria fanno sì che la cartuccia deve necessariamente essere metallica, allo scopo di offrire sufficiente resistenza alla percossa che produce l'accensione e per impedire posteriormente la sfuggita dei gaz — Si potrebbero pertanto queste armi chiamare a *percussione* o a *cartuccia metallica*, se questa denominazione non fosse inesatta, non essendo la cartuccia metallica proprietà a loro esclusiva.

A questo punto crediamo avvertire non essere nostro intendimento accennare a quei sistemi nei quali l'innesco è separato dalla cartuccia, essendo questi per generale opinione esclusi dai concorsi a cagione dalla loro non sufficiente celerità di tiro.

Alla 2.ª categoria appartengono tutte le armi così dette a spillo. I loro principi di costruzione sono affatto distinti dalle altre armi, e puossi dire che la loro invenzione ha segnato un cammino nuovo alle idee sino ad ora perdurate intorno alla fabbrica delle armi, pel quale cammino, comunque quasi appena tracciato, già si giunse a un punto di sufficiente applicazione pratica, confermata dalle recenti esperienze fatte con grande fortuna dalla Prussia.

La caratteristica di tali fucili è che la forza *motrice* viene impressa da una molla ad elica la quale agendo nella direzione dell'arma spinge un ago innanzi in modo di attraversare la cartuccia e colpire il fulminante unito alla stessa. I due meccanismi di chiusura e di scatto, si trovano fra loro connessi e il loro complesso è ciò che chiamasi culatta mobile, consistente in un tubo che internamente racchiude lo spillo, la molla a spirale e che spinto contro la culatta della canna le serve di otturatore. La cartuccia è involta in carta o tela e lo spillo deve forarla

posteriormente e attraversarla in parte per giungere allo innesco e promuovere l'accensione.

Da questo modo di agire dello spillo deriva la necessità che la cartuccia deve essere tenuta fissa nella canna in una apposita camera affine di presentare una sufficiente resistenza alla percussione dello spillo e che l'innesco deve essere a base di clorato di potassa od altra materia facilmente infiammabile per semplice frizione. La sfuggita dei gaz dalla culatta deve essere impedita dallo stesso otturatore ossia culatta mobile, e a tale scopo si usarono diversi ripieghi i quali bastarono a comprovare come il problema di una buona otturazione siasi risolto anche colle armi a spillo.

Ommessa la surriferita classificazione, che non può certamente essere contestata, quando si considerano le essenziali discrepanze delle armi delle due categorie fra di loro, devesi primamente giudicare quale delle due categorie presenti migliori attitudini per esser applicate ad arme da guerra.

Voglionsi quindi attentamente esaminare i singoli vantaggi od inconvenienti che presenta ciascuno dei due sistemi tanto rispetto alle cartucce che al meccanismo di chiusura onde poter dal paralello dei medesimi conchiudere quale sia a prescegliersi.

Delle cartucce basterà dirne gli inconvenienti che sono proprii delle metalliche, i quali devono tutti porsi a carico delle armi ad acciarino, poichè le armi a spillo colle quali si ponno usare indistintamente ambo le specie di cartucce, si trovano perciò appunto in condizioni più favorevoli.

Gli inconvenienti delle cartucce metalliche sono essenzialmente due, il *loro peso* e il *loro prezzo.*

Il peso delle cartucce metalliche può ritenersi di circa sei grammi maggiore di quelle di carta, cioè di un quinto di più. Ne consegue che se si stabilisce a tre chilog. il peso delle cartucce di cui si possa caricare un soldato, tale peso consterà di 100 cartucce ad involucro di carta, mentre che non sarà che di 80 ad involucro metallico. — Tale differenza è abbastanza grave perchè occorra dimostrarne maggiormente la importanza. Quanto al prezzo, si può valutare più che doppio di quello delle cartucce in carta. Supponiamole anche di soli 12 centesimi l'una. Stando agli attuali regolamenti, un soldato deve ogni anno sparare almeno 100 colpi, cioè 60 per i tiri prescritti, e 40 per le esercitazioni campali; per ogni centomila uomini, si avrebbe, per maggiori spese annue in munizioni, la cifra di seicentomila lire.

L'argomento del prezzo delle cartucce deve essere preso in seria considerazione. — La ricchissima Inghilterra affrontò ma non risolse ancora tale quistione.

La truppa attiva di fanteria che l' Italia può mettere in armi e che dovrebbe annualmente essere esercitata nella scuola del tiro può calcolarsi a:

Fanti regolari	350, 000
Guardie nazionali mobilizzate, comprese quelle del Veneto	140, 000
Reali Carabinieri	22, 000
Doganieri.	14, 000
Guardie Forestali	2, 000
Regia Marina	25, 000
Totale	553, 000

Cento colpi all' anno per soldato sono assolutamente troppo pochi anche per formare un mediocrissimo tiratore, epperò stando a tale misura si dovrebbero provvedere 55,300,000 cartucce che a 12 centesimi l' una importerebbero la rilevante somma di 6,636,000 di lire. — E l' armamento popolare verso il quale, per impreteribile necessità deve avviarsi la nazione, sarebbe reso quasi impossibile, e il virile esercizio del tiro a segno popolare, completamente distrutto.

Si dovrebbe oltre a ciò essere certi che tali cartucce possano conservarsi per più anni nei magazzini, senza che il contatto del rame alteri la polvere, sopra il quale riguardo importantissimo, mancano tutt' ora i dati della esperienza.

Rispetto al meccanismo di chiusura sono a considerarsi i seguenti punti:

1.° La celerità del caricamento:

2.° La resistenza negli spari e la solidità:

3.° La suscettibilità a guastarsi in servizio:

4.° La semplicità e la facilità di scomposizione e di politura:

5.° Il costo di fabbricazione:

6.° Il costo di conservazione e riparazione.

Sotto qualunque di questi diversi aspetti vogliansi paragonare i due sistemi, è facile il dimostrare come i fucili a culatta mobile abbiano sui fucili ad acciarino una incontestabile superiorità; della celerità di tiro e della solidità del congegno appena occorre parlare, potendo tali qualità essere possedute in grado uguale

dalle due specie di armi, come pure ambedue offrono più che sufficienti guarentigie contro gli accidenti che possono essere cagionati dalla incuria o dalla ignoranza del tiratore.

La suscettibilità a guastarsi nelle armi a culatta mobile non esiste che rispetto allo spillo e alla molla a spirale: gli altri pezzi si possono dire di durata indefinita, non essendovi alcuna parte che sia soggetta a sfregamenti o a scosse dannose, ma anzi essendo il loro modo di agire così naturale e semplice nello stesso tempo che soddisfano per intiero agli uffizi cui sono destinati, e ciò specialmente nei modelli prussiani, che a ragione furono detti un'*opera d'arte senza artefìcio.*

Nei fucili ad acciarino per contro, il giuoco del meccanismo è sempre assai complicato, vi sono parti soggette a continui attriti, che vogliono essere costruite con gelosa precisione e sempre in tale stato mantenute; di più vi hanno delle tacche o dei denti, quali per esempio quelli della noce e dello scatto che per la loro esiguità e durezza sono talvolta soggetti a rompersi improvvisamente, rendendo così l'arma inservibile nelle mani del soldato. — La molla ad elica dei fucili a spillo, è soggetta a perdere la propria elasticità (1) ciò che però avviene anche nelle molle a lamina degli altri fucili, le quali in servizio devono essere ritemprate almeno ogni due anni e con spesa di molto maggiore che non sia il cambio di una molla ad elica.

La maggiore complicazione del meccanismo rende più lungo e difficile per il soldato l'operazione dello scomporre, pulire e ricomporre l'arma od acciarino, mentre essa presenta la massima facilità nel fucile a spillo, del quale ogni soldato, sebbene di limitata intelligenza, può formarsi un'idea precisa del congegno e acquistare per tal modo piena fiducia nell'arma sua e persuadersi dei servizi che se ne può ripromettere e delle cure che vi deve prestare.

Il prezzo di fabbricazione si può senza esagerazione ritenere essere nei fucili ad acciarino maggiore di $1/5$ che negli altri, poichè richiedesi l'uso di macchine speciali per la costruzione dei vari pezzi e l'impiego di operai che abbiano nell'arte loro una capacità, che non si acquista se non dopo anni di tirocinio. — Per le armi a spillo invece i diversi pezzi del meccanismo non richiedono che l'uso di torni comuni e di comuni operai. —

(1) Questo inconveniente non fu rimarcato nell' esercito Prussiano nella guerra del 1866. — Vuolsi però osservare che il soldato Prussiano che fece il maggior numeri di colpi in un giorno, non ne sparò che ottanta e ciò alla battaglia di Königratz. —

Neppure rispetto alla conservazione i vantaggi economici dei fucili a spillo appaiono trascurabili. — Attualmente si concede ai Reggimenti una lira all'anno per ogni fucile, di questa lira centesimi quaranta circa, si spendono in riparazioni dell'acciarino. Per un'arma ad acciarino ma caricantesi per la culatta, tale spesa, per la maggiore complicazione dei pezzi dovrà ascendere al meno a centesimi 60. —

Nei fucili a spillo allo incontro, si può credere che il costo annuo delle riparazioni per la culatta mobile non sarà che del terzo, cosichè sopra 100 mille fucili si avrebbe annualmente un risparmio di 40,000 lire, nel costo delle parti di ricambio e della mano d'opera. —

Col sistema a spillo si possono poi, assai più facilmente, trasformare anche i fucili attuali. Trasformazione che permettendo di adottare una pallottola di diametro minore del calibro della canna, facendo uso di uno zoccolo simile a quello delle cartuccie prussiane, permette di ottenere una rilevante leggerezza nelle cariche lo che sarebbe impossibile cogli altri sistemi. —

Queste ragioni ci paiono meritevoli di essere prese in seria considerazione, perocchè se é prudente il non precipitare, occorre in pari tempo che la nazione sia parata ad ogni avvenimento.

L'industria privata italiana potrebbe col sistema dei fucili a spillo essere chiamata a coadjuvare le fabbriche erariali per la trasformazione delle armi attuali, che potrebbe in pochi mesi essere condotta a termine colla tenue spesa di lire 12 o 13 per fucile. Per gli altri sistemi occorrono macchine costosissime e comperate all'estero, operai che si troveranno difficilmente e detteranno essi i patti delle loro mercedi: insomma enormi spese che non sono consentite dalle vigenti necessità delle pubbliche finanze, massime quando si può fare ugualmente, e spendere in case nostra e con sistemi che ebbero il brillante battesimo di una guerra fortunata. Le armi caricantisi per la culatta ad acciarino furono, come abbiamo detto, adottate negli stati dell'America Settentrionale, ma colà ciò si fece sotto l'urgente pressione del bisogni della guerra e in modo affatto distinto e diverso per cadauno degli stati della Confederazione, e quando il fucile prussiano se non era un segreto, non era conosciuto nella sua pratica applicazione a cui veramente non giunse che dopo più lustri di continui studi ed esperienze, lunghi studi ed esperienze che mancano a tutti gli altri sistemi.

Ciò che vi ha di urgente attualmente per l'Italia si è la trasformazione degli attuali fucili: ma dacchè finalmente si è dovuto riconoscere la prevalenza delle armi a più piccolo calibro, si

verrà speriamo anche a decidere sopra un modello definitivo. Chi ha pratica di guerra sa quanto incaglio arrechino i lunghi treni delle munizioni. La facilità di caricamento moltiplicando il fuoco, moltiplicherà le difficoltà del munizionamento. Il piccolo calibro è quindi anche sotto questo riguardo di un vantaggio incalcolabile, massime quando si rifletta che l'Italia è così, proporzionalmente agli altri paesi d'Europa, povera di cavalli. In una cassa di 1000 cartucce di fucile d'ordinanza nostra si possono allogare 2,200 cartucce del fucile da cacciatore Svizzero; senza accrescer di una ruota, i nostri parchi condurrebbero quindi più del doppio di munizioni senza calcolare che il soldato ne può portar esso pure più del doppio.

Se il calibro delle nostre armi fosse stato appena uguale a quello degli austriaci forse a Custoza non si sarebbero alcuni Reggimenti trovati nella dura necessità di cessare il fuoco per difetto di polvere e piombo. Epperò la questione del calibro sarà argomento sul quale non mancheremo di diffonderci con qualche ampiezza in un prossimo articolo.

Aristide Caimi.

DA MILANO A VARSAVIA IN TRE GIORNI.

Lettera architettonica.

I.

26 settembre 1866.

Sabbato scorso ero a Milano, oggi, che è Mercoledì, sono a Varsavia; c'ero anzi ier sera. Son venuto da Como, Spluga, Monaco, Vienna; e vedete che non mi son fermato per via. Ho avuto un po' di tutti i gusti, o, se volete, di tutte le noie del viaggiare: in via ferrata, in diligenza, in battello a vapore, qualche ora a piedi. Vi parlerò dell'architettura de' laghi, de' monti e delle pianure; ma ve ne parlerò com'uomo che ha percorso in ottanta ore quasi mila cinquecento chilometri, com'uomo che non vuol copiare nè parafrasare la Guida, com'uomo finalmente che, viaggiando notte e dì, non ha sempre vegliato. Veramente non mi dovete accusare d'improntitudine se m'impanco a dirvi qualcosa del mio volo. Non è la prima volta che vengo qui per la via della Svizzera, della Baviera e dell'Austria; nè ci son sempre venuto a precipizio. Potrei discorrervi però di Monaco, di Vienna, d'altre città minori, ma, perchè ve ne dovrei dire troppo, non ve ne voglio dir quasi nulla. Contentatevi stavolta di qualche chiacchiera vaga.

Chi non conosce de'lettori del *Politecnico* il lago di Como? Chi non l'ama? Chi non ha fantasticato di avervi una villetta, con un giardino, con un canotto legato alla riva? I giovani sposi vanno a passarvi i dì melati del primo quarto di luna matrimoniale; gli uomini serii le vacanze delle fatiche amministrative o delle ambite uggie parlamentari. I muscoli s'esercitano col remo o sul-

l'erta della montagna; il cuore s'esercita negli amori dai quindici ai sessant'anni; l'intelletto s'esercita nelle ambizioni future, nel leggere la *Perseveranza* o tutt' al più la *Revue des deux mondes*. V' è egli luogo più favorevole all' arte? Non manca danaro, ozio, ingegno, fantasia. L'architettura, che si specchia nell'acqua azzurra del lago, che stacca sul verde cupo o sui toni caldi delle roccie de'monti, che è contornata d' alberi e di fiori, pensate novità, eleganza, armonia, allegria, che ne può derivare! Ogni gentilezza dell'arte può fiorire in mezzo alle rose. Il bello artificiale può connettersi amorevolmene al bello della natura, pigliare da questa occasione a nuovi ardiri, a grazie novelle. Che fonte inesauribile di varietà! Palazzi, palazzini, palazzine, case, casini, casette: dallo splendor della reggia alla umiltà quasi della capanna. E poi, se l' edificio ha il giardino dinanzi vorrete voi comporlo come se l' onda del lago ne lambisse i piedi, o come se ampii terrazzi stessero fra esso e le acque? E quando l'edificio è posto sopra il dorso d'una collina o d'un monte, non converrà egli idearne diversamente la massa ed i particolari secondo l'altezza e la situazione diversa? Anzi, non converrà egli mutare forme e concetti secondo che l'edificio s'alza sulla destra o sulla sinistra sponda del lago, e riceve i raggi dell'aurora o del tramonto? Più ancora, non credete voi che le linee stesse de'monti, i quali servono all'architettura di fondo bellissimo, anzi che lo stesso colore di essi debba influire sulle linee e sui colori dell' edificio?

Un cooperatore della parte letteraria del *Politecnico*, sottile cervello e gentilissimo scrittore, lodando un certo disegno tutto orizzontale per la facciata del Duomo di Firenze, disse in un Giornale fiorentino questa sentenza: che ne' luoghi di collina e di montagna l'architettura ha da essere orizzontale, verticale all'incontro ne'siti di pianura. La ragione sta nella necessità de'contrasti; e non so se qualche estetico filosofo trascendentale abbia dimostrato molto sapientemente che, secondo la ragion pura, così e non altrimenti dee stare. Quel che so gli è che la storia dà torto alla sentenza. Basti citare l'architettura di Roma antica, tutta architravata, e massime l'architettura basilicale in quella eterna città che, ad onta dei sette colli e delle ampie ondosità del terreno, si deve pur dire una città di pianura. E poi il palazzo Foscari, il palazzo Vendramin, cent' altri palazzi del medio evo e del rinascimento, in quella Venezia, che ha per orizzonte la laguna, il mare, non terminano forse con una cornice dritta? Dall' altro canto i palazzi, le chiese, i monumenti delle rive del

Reno non son essi tutti archi snelli, contrafforti, guglie, frontoni acuti, in mezzo alle rupi od a' colli? E l'architettura archiacuta non si distese ella, come prima s'era distesa l'architettura lombarda e prima ancora l'architettura romana, su quasi tutta l'Europa, senza predilezione di monti, di pianure o di valli?

Se la detta legge estetica sulla orizzontalità o verticalità — passatemi queste parole — dell'architettura fosse vera, bisognerebbe che tutti gli edificii del nostro lago apparissero a linee dritte ed a perfetto livello; appena appena si potrebbero tollerare i frontispizii e le inclinazioni dei tetti. Ma io credo che le condizioni della varietà non istieno nel far andare le forme architettoniche in ragione contraria delle forme naturali, come le condizioni dell'armonia non istanno nell'imitare con l'arte la circostante natura. Armonia e varietà sono parte più libera del bello; hanno leggi estetiche più profonde, più ideali: da esse soltanto può nascere la bella originalità. Ma sugli edificii, che biancheggiano sulle rive del lago, e che io guardavo correre dal battello a vapore con occhio attento, perchè mi ridestavano alla memoria impressioni e pensieri nati altra volta nella fantasia, in quegli edificii l'originalità si cercherebbe invano. Eppure è evidente in essi la libidine del nuovo. Niuno stile si lasciò in pace: dalla piramide egizia allo *chalet* svizzero fu tentata ogni cosa. Ma dove l'unico fine dell'arte è il nuovo, tre cose non s'ottengono punto: il bello, l'opportuno, il nuovo.

Quà un uggioso frontispizio dorico, poggiato su quattro gravi colonne, lì una loggia sorretta da smilze colonnine di ferro; quà l'arco Tudor, lì l'arco acuto; quà l'intonaco di colore cilestro o verdognolo, lì una dipintura color di rosa o di giallo indiano o di carmino. E tutto, salvo qualche rara eccezione, spropositato. Non c'è altra guida se non l'umore bizzarro del proprietario o il pettegolo genio dell'architetto. Eppure l'arte e il buon senso possono darsi qui, come in tutto, la mano: leggete, vi prego, le descrizioni che Plinio il giovine fa della sua villa di Laurento, e ditemi se que'vecchi romani non capivano meglio di noi gli agi, anzi le mollezze ed il lusso del vivere in campagna, e se non sapevano trarre dalla stessa distribuzione dell'edificio la varietà delle forme esterne e la bellezza dell'arte. Que' vecchi classici facevano con un solo stile architettonico ciò che non sappiamo far noi con cento: davano a tutti i lori edificii il carattere che lor conveniva. Il tempio, la basilica, la cloaca, il circo, il teatro, l'aquedotto, il mausoleo, la casa, il bordello erano tutti d'ordine dorico, ionico o corinzio; in ognuno di questi edificii si vedevano

le goccie sotto i triglifi, i dentelli, i modiglioni, le volute che rigiravano in ispira, le foglie di acanto, le nicchie, i timpani. Dappertutto gli stessi pochi elementi. Eppure quanta pieghevolezza in quelle forme comuni, quanta varietà di proporzioni, di rapporti, di solidità, di espressione! I pochi elementi erano come le note musicali, che, sette sole, producono una infinita copia di melodie e d'armonie d'ogni specie. Il Colosseo è come il famoso finale degli *Ugonotti*, imponente; le case di Pompei sono come un motivetto amabile del Bellini.

Una sola villa sul lago di Como è prezzo dell'opera guardare con occhio attento. È la villa Frizzoni a Bellagio. Ne fu architetto il Vantini di Brescia, morto parecchi anni addietro, ingegno più libero e più fecondo che non comportasse la scuola a cui era educato — quella scuola che della viva fisonomia dell'arte romana, pieghevole ad ogni espressione, faceva una maschera di cera, sempre uguale, senza sorriso e senza lagrime, senza sguardo e senza parola. L'edificio è nello stile veneziano del rinascimento, secchino e timidetto, ma pur gentile. Due piani; de' pilastrini; un cornicione all'alto con sopra una balaustrata ornata di statue; delle finestre arcuate; nel mezzo ai prospetti, delle finestrate ad archi con colonnine sottili: ecco l'esterno. La pianta è rettangolare, ed assai ragionevolmente distribuita; l'ornato delle stanze abbastanza grazioso e misuratamente ricco. Insomma quest'edificio è un' opera architettonica davvero. Peccato che i terrazzi, gli edificii secondarii ed il giardino non sieno stati composti con maggiore avvedutezza artistica, e non si leghino più strettamente al palazzo; peccato che l'architettore non abbia potuto se non in parte profittare di quella maravigliosa posizione della punta di Bellagio, sì pittoresca, sì gaia, che par quasi l'opera di un fantastico cervello d'artista!

Ma il lago di Como, tanto è povero di roba moderna quanto è ricco di roba vecchia. La storia dell'architettura lombarda vi è tutta. Intorno all'isola Comacina è la culla di quello stile, che i maestri o muratori della vecchia età portarono in tutti i paesi d'Europa. Da Como a Gravedona non si vede paesetto sulle rive del lago che non abbia una chiesa, un battistero, una torre, o per lo meno un monumentino od un frammento del decimoterzo o del decimoquarto secolo. Ve n'ha pur di più vecchi e di più recenti; ma il grande imbroglio sta per l'appunto nello stabilire l'età di tali edificii. Su alcuni le differenze sono di alquanti secoli. Pensate come la storia dell'arte deve proceder sicura! Oh dolce cosa il pigliarsi in tasca un grande albo, alcune matite, una fet-

tuccia metrica, in ispalla un piccolo sacco da viaggio, in mano un grosso bastone, e l'andar passo passo lungo le sponde del lago, fermandosi a schizzare una ruina di castello, una vetusta chiesa, dove mostri, uccelli, sirene, santi scolpiti conversano insieme fraternamente, una vasca battesimale, una pila d'acqua santa, la cresta bizzarra d'un monte o i petali gentili di un fiorellino de' campi.

Guardavo a certi Inglesi allampati e ad una signorina lombarda, dagli occhi neri e dalle labbra rosee sorridenti a due damerini corteggiatori, quando, fermatasi la vaporiera, vi montò don Serafino Balestra, il restauratore della chiesa di Sant'Abbondio. Andava ristudiando le antiche chiese del lago per la sua cara chiesa di Como. Ma le sue ricerche sui vecchi edificii monastici e sulle più vecchie basiliche non si fermano lì; s'allargarono già alla Svizzera, alla Lombardia, al Piemonte, al Veneto e massime ai templi vetusti delle lagune, alla Toscana, a Roma. Pensate se noi architetti avremmo mai potuto mettere tanto tempo, tanta costanza, tanta passione nel restauro di un sol monumento. Quel sacerdote non è distratto da niente: non so se a Roma abbia guardato i freschi di Rafaello o Campo vaccino. Certo le basiliche di San Clemente, di Sant'Agnese, di Santa Prassede, di San Lorenzo fuor dalle mura, e le altre molte e le catacombe fermarono il prete restauratore più che i magnifici ruderi dell' arte pagana e gli splendori dell'arte papale. Ha in mente una cosa sola: il Sant'Abbondio; forse ora un po' anche il San Carpoforo della Camerlata. Ciò ch'ei non rinviene nel suo edificio medesimo cerca negli edificii contemporanei ed analoghi, e non ha pace se non l'ha trovato. Ma quasi tutte le parti del monumento si rivelano da sè all'occhio acuto, indagatore, paziente ed amoroso di don Serafino: ha persino trovato, nascosti fra le commessure delle nere pietre, i frammenti de' vetri primitivi, e sta provvedendo a chiudere le finestre all'antico modo, tal quale. Così avremo una chiesa dell'XI secolo compiuta, sulla quale l'archeologo e l'artista potranno riposare l'occhio e lo spirito, sicuri che niente di quel che vedono è uscito dalla fantasia di un architetto moderno. E don Serafino ha fatto inoltre un gran servizio alla storia, giacchè sotto la chiesa monastica dell'XI secolo — tenuta, con isbaglio stranissimo, dagli scrittori per opera dell'ottavo, o persino del quinto — ha trovato la vera basilica del quinto, dedicata a' Santi Pietro e Paolo. Ma su codesto restauro vorrei discorrervi meglio che non posso qui da Varsavia, e darvi i disegni della basilica antica, facendovi su certe considerazioni, che non mi paiono vane.

Così, dopo avere guardato di lontano al vecchio battistero di Gravedona, sono disceso a Colico, dove non c'è — siamo ancora in un paesetto d'Italia! — nè una osteria, nè una bottega da Caffè, in cui si possa convenevolmente mangiare. Possibile che da codesta sporcizia ed indolenza italiana non possano liberarsi neanche i paesi che stanno sì d'accosto alla Svizzera? L'arte stessa ne soffre.

Quando i bauli furono alzati sulla maestosa Diligenza ed i viaggiatori si furono rannicchiati nell'interno, io salii all'alto nell'imperiale, mio posto prediletto; e via. Non vi voglio descrivere tal viaggio da Colico a Coira; probabilmente l'avete fatto, e poi le montagne, codeste enormi costruzioni della natura, non rientrano nella cerchia in cui si deve aggirare questa mia lettera architettonica. Sino a Chiavenna, del resto, c'è poco di notevole: de'monti, che paiono denti cariati; le due pile del ponte abbandonato dell'Adda, che, già rovinose e coperte d'edera, si guardano mestamente, e par che pensino a' dì della loro gloria passata, quando tenevano sul capo l'arco di pietra e vedevano scorrere a' lor piedi le onde sinuose del fiume. Chiavenna è una cittaduzza pittoresca: qua e là nelle vie strette si vedono porte, finestre, cornici assai notevoli nello stile del rinascimento e più vecchie; ma io non le ho potute guardare se non di corsa, e — vergogna! — non sono ito alla chiesa ad ammirare i fonti battesimali con le venerande sculture del XII secolo, non son salito sul ruinato castello e al *Paradiso* a godere la vista della vallata, non sono entrato nel giardino di casa Stampa a contemplare il monumento del Castelvetro. Poichè a Colico non si può mangiar nulla, bisogna mangiare a Chiavenna; e tra la fame dell'arte e quella del cibo ha vinto questa. Bisognava rafforzarsi per la salita dello Spluga, giacchè volevo andarmene a piedi, su per le scorciatoie. Il tempo era nebuloso, tristissimo; minacciava a ogni momento di piovere, ed accresceva l'impressione che si sente nel lasciare le verdi praterie per entrare fra gli aridi massi de'monti. Nel guardare quegl'immensi ruderi di montagne, rovesciati dai vortici delle acque prima che la bestia umana abitasse questa terra di vanità, l'animo si conosce insieme più grande e più piccino del solito, la fantasia s'inebria, il corpo nell'aria sottile si sente più snello e più forte. Tutte le attitudini intellettuali, morali e fisiche dell'uomo si centuplicano a un tratto. Quanti bei sogni d'arte volano nel cervello in faccia a que'burroni profondi, a quelle cime quasi innaccessibili. Rafaello, Michelangelo, Brunelleschi, Fidia, Omero diventano ombre meschine: la sola figura di Dante si

vede all'alto disegnarsi sul color fosco del cielo, seguita dalle immagini di Eschilo e di Shakespeare. Può essere, in verità, che qualche classicista veda l'ombra dell'Ariosto, o qualche arcade quella dello Zappi; può essere che qualche architetto abbia l'agio di pensare a Palladio ed al Marchese Cagnola. Il fatto è che si può anche non pensare a nulla. Mi son voluto accostare allo sportello della Diligenza: una signora e due signori tedeschi dormivano, due Italiani discutevano sulla battaglia di Lissa, una vecchia Svizzera guardava il soffitto della carrozza; quanto al Conduttore, buon vecchio rubicondo, che da diciott'anni va, senza mai mancare, tre volte alla settimana da Colico a Coira e da Coira a Colico, aveva ragione di parlare in sua lingua romanza col vetturino, certo non di precipizii e di sommità.

La nebbia diventava sempre più fitta; le cime de' monti erano scomparse da un pezzo. Già perdevo di vista la Diligenza dietro di me, e dinanzi non vedevo altro che la striscia verticale e lucicante della cascata di Madesimo, che piombando a 700 piedi ingrossava giù la fettuccia argentea del torrente, la quale si svolgeva sinuosa in mezzo alla caligine. Si udiva già il romore cupo e misterioso dell'acqua; ma quando fui al luogo del salto tutt'era buio, solo a' piedi vedevasi la cattaratta bianca e spumante perdersi con orrido frastuono nel nulla.

Perdonatemi se non vi posso discorrere come dovrei delle lunghe gallerie, che proteggono la strada dalle valanghe, de'ponti, de' viadotti murati, del girar della via a ghirigoro: codeste opere dell'ingegner Donegani, costrutte sotto Francesco I dal 1818 al 1823, m' importano meno delle creste de'monti e delle valli profonde. I casolari mi piacciano: sono costrutti di roccie e di pini. I muri, formati *d'opus incertum* con pezzi di pietra d'ogni forma e d'ogni maniera, son legati da lunghe travi, con gli stipiti delle porte e delle finestre in legno. Quando il casolare ha due piani la scala è al di fuori, e dall'una faccia o dall'altra sporgono de' balconi, dove avevo veduto il dì appesi de' mazzi o delle file di pannocchie a seccare. Ma di mano in mano che si saliva i casolari diventavano più radi e la nebbia men fitta, sicchè, aiutati da un raggio di luna, qualcosa si poteva vedere. Giungemmo al passo del monte, ch'è alto dal livello del mare 6450 piedi, poi si cominciò correndo la discesa, e non fui niente addolorato di giungere all'albergo del paesello di Spluga, dove, mezzo gelato come ero, mi rifocillai con un thè bollente e con le *tartine* di pan burrato e melato. La Via Mala, che avevo visto altra volta al chiarore del sole, mi parve cento volte più terribile al fioco lume

della luna. Quei burroni tremendi, dove romoreggiano le onde del Reno, quelle rupi a perpendicolo, che vogliono schiacciare la via, que' castelli ruinati, que' due ponti presso Mongella, que' pini dritti, nudi, fitti, i quali paiono de' curadenti sul porta-stecchini — mi passino i poeti questa immagine materiale —, tutto ciò nel mistero della notte e coll'azzurra tinta lunare piglia un aspetto fantastico ed enorme, che il preciso raggio del sole riesce talvolta a scemare. Dormivo passando il Verloren Loch: non ve ne posso dir nulla. Non vi posso neanche dir nulla della chiesa di Zillis, antica tanto, che la dicono costrutta nel 940 da Ottone I per il vescovo Valdo; nè della fortezza al disopra di Sils, in faccia a Thusis, che la tradizione vi assicura fondata sei secoli prima di Gesù Cristo; nè del castello di Reichenau, presso al quale si riuniscono le due braccia del Reno, e dove al fine dello scorso secolo era l'istituto d'educazione di Tscharner, dal quale uscì Beniamino Constant, e nel quale Luigi Filippo insegnò il 1793 per otto mesi, col nome di Chabot, matematiche. Sessant'anni dopo una mesta vecchia scriveva nell'albo de' visitatori: Maria Amalia, vedova del professore Chabot. Non ho veduto stavolta le colline di aspetto conico, che i geologhi giudicano formate dai sedimenti delle antiche acque, ma che il popolo poeta dice sepolcri di favolosi cavalli; non ho veduto il paesello di Felsberg, già in parte ingoiato dallo spaccarsi del terreno. Alle cinque del mattino si entrava a Coira, città pulita, con le case tutte bianche di calce. Il palazzo di città, ma sopratutto il palazzo episcopale ed il Duomo sono edificii molto importanti. Il Duomo è in parte dell' VIII secolo, sparso nella facciata di sculture e di mostri, l'interno ad archi acuti, le colonne della cripta antichissime.

Bisognava partire. Mi adagiai contento sui soffà elastici di un vagone di prima classe, disposto in forma di gabinetto, con tavoli eleganti nel mezzo e sgabellini per i piedi. La mattina era bella, ridente. La via ferrata lascia a destra Vaduz; Feldkirch, con le ruine di Schattenburg ed una chiesa notevole; i campi che videro i Francesi perdere due battaglie nel 1799 e nel 1800; Hohenems con le sue roccie scoscese, i suoi due castelli, le tombe degli antichi Conti, e le sue fabbriche di case portatili; Dornbirn e Bregenz. Si correva in una vallata gaia, e il treno si fermava a ogni tantino. Era domenica. I contadini non solo vestivano decenti, ma eleganti. Tutto in questo paese è pulito, l'uomo, l'edificio, la natura: il verde stesso dei prati sembra a bella posta lavato. Le stazioni della ferrovia sono dal più al meno ideate sopra un solo modello: due piani, un corpo di mezzo e

due ali. Il tetto ed i müri esterni sono coperti di squame di legno a semicerchio sottili e piccine, sovrapposte per metà. Qua e là si vedono de' villaggi, composti di una sol fila di venti o trenta casette di legno, allineate come una squadra di soldati Prussiani: son tutte uguali, tutte poste ad una stessa distanza — sembrano appena cavate da una scatola di gingilli. Le strade carrozzabili son così ben tenute, la gente vi cammina su sì diritta e sì quieta, che si crede di potere, senza niuno stento, percorrere in poche ore tutto quanto il paese. Quella simmetria, quella serenità, quella posatezza ha qualcosa di allegro: il popolo, agiato, dev' essere felice; e guardando alle casette pulite e, nella pulizia, pittoresche si fantastica di piantarsi quando che sia in quel luogo per non uscirvi mai più.

Così fantasticando sono giunto a Rorschach, cittadella scipita, dalla quale si spazia con lo sguardo sul lago di Costanza. Splendeva il sole in tutta la sua forza, ma tirava un vento infuriato; sicchè i capitani de'battelli a vapore, marinai d'acqua dolce, non s'arrischiarono a salpare tosto. Avevo dinanzi a me tre ore almeno di tempo, nelle quali, tenendomi il cappello, andai girando e rigirando nella città. Non trovai nulla che mi fermasse, salvo il cimitero, posto nel bel mezzo dell' abitato e circondante la chiesa cattedrale. Vi son delle fosse coperte di freschi fiori, ma le lapidi più antiche non giungono indietro della seconda metà del seicento, con certe sculture baroccamente tedesche. Da un lato sta una cappella con quattro archi, sorretti alle estremità da due colonne ioniche e nel mezzo da due cariatidi in forma di scheletri avvolti nel lenzuolo. Quel cimitero e quelle brutte figure sconvolsero il corso de' miei pensieri, levando dall' animo la serenità di cui era pieno e sostituendovi un cert' agrume importuno. Il paese mi parve allora meschino, il lago nel quale finalmente, cessato il vento, il battello si spinse, mi sembrò uggioso, e il breve tragitto da Rorschach a Lindau interminabile. Ma prima di mettere il piede in Baviera voglio riposarmi, tanto più che, sebbene io intenda di essere rapido, pure dovrò trattenermi alquanto a Monaco, a Nurimberga, a Ratisbona. Continuerò dunque la mia lettera domani, e vi parlerò, più che non abbia potuto fare oggi, d'architettura.

Camillo Boito.

F. BRIOSCHI, *Direttore e Gerente responsabile.*

Serie IV.ª — Vol. II.° Fasc. IV. — Ottobre 1866.

IL POLITECNICO.

MEMORIE.

TEORIA ELEMENTARE
DELLE TRAVATURE ED ARMATURE RETICOLARI.

(Continuazione. — Vedi *Politecnico*, fascicolo tecnico del luglio, pag. 17).

Il calcolo d'una travatura qualunque, è basato, come abbiamo visto in tutte le precedenti applicazioni, sulle conoscenze delle reazioni degli appoggi, relative ad una determinata distribuzione dei sovraccarichi mobili: note le reazioni medesime, si ottengono poi direttamente le equazioni delle forze e dei momenti, necessarie a calcolare gli sforzi sopra un membro qualunque. Ora, in tutte le travature fin qui esaminate, le reazioni degli appoggi erano verticali, ossia era nulla la loro componente orizzontale. Ciò è evidente per le travature rettilinee a tavole parallele, poichè le forze sollecitanti sono tutte normali al solido, disposto orizzontalmente su due appoggi. Quanto alle travature paraboliche, consideriamo una capriata a doppio poligono (Vedi fascicolo di luglio, pag. 32 e fig. 25) aggravata uniformemente rispetto la sua proiezione orizzontale di un carico applicato a ciascuno dei vertici del poligono parabolico superiore. Allo stato di equilibrio, abbiamo trovato che il poligono superiore è tutto quanto compresso, mentre l'inferiore è teso; si può dunque considerare quest'ultimo come reagente all'azione di forze, opposte in direzione a quelle che sol-

lecitano il poligono esterno, mentre tutte insieme mantengono il sistema in equilibrio, mediante la pressione che ne risulta sulle aste verticali, colleganti i vertici dei due poligoni (vedi fig. 1).

Sia per esempio q la forza applicata a ciascun vertice inferiore, e diretta all'alto, e $P = q + q'$ quella diretta al basso, ed applicata a ciascuno dei superiori, tali che dalle loro azioni simultanee il sistema risulti in equilibrio. Cosideriamo i due poligoni separatamente: siano f ed f' le saette dell'esterno e dell'interno: l'esterno sollecitato dalle forze P, svilupperà la reazione orizzontale $Q = \frac{P l^2}{8 f}$ la quale tende ad allungarne la corda, mentre l'interno resisterà ad una spinta $Q' = \frac{q l^2}{8 f'}$ tendente ad accorciare la corda medesima. Sovrapponendo i due poligoni in modo da comporre la capriata, è chiaro che la sua spinta orizzontale $Q - Q'$ sarà nulla, quando $\frac{f'}{f} = \frac{q}{P}$ ossia quando il rapporto fra i carichi dei due poligoni, sia eguale a quello delle saette.

Ponendo $\frac{f'}{f} = \frac{1}{n}$, saranno:

$$q = \frac{q'}{n-1} (1) \text{ e } (2)\ P = q + q' = \frac{n q'}{n-1}$$

le forze applicate ai vertici del poligono inferiore e del superiore dirette oppostamente, le quali hanno per effetto di annullare la spinta orizzontale dell'armatura Ma le (1) (2) sussistono qualunque sia q', quindi la condizione $Q = Q'$ è sempre soddisfatta qualunque sia il carico aggravante la capriata. Nel caso da noi trattato (vedi fasc. di luglio, pag. 35) il carico applicato a ciascun vertice era $7500^{k.} + 1500^{k.} = 9000^{k.}$ ed $\frac{f'}{f} = \frac{1}{n} = \frac{2}{5}$ Ponendo dunque $q' = 7000^{k.}$, si ha dalla (1) $q = 6000^{k.}$ quindi $P = 15000^{k.}$, ossia: applicando a ciascun vertice superiore il carico di $7000^{k.}$, il sistema è nelle stesse condizioni in cui si troverebbe quando si applicassero $15000^{k.}$ di carico a ciascun vertice superiore, e la forza di $6000^{k.}$ a ciascuno degli inferiori, ma diretta all'alto: ma perchè in questo caso è nulla la spinta orizzontale, lo sarà dunque anche nel precedente.

Se $f' = 0$ sarà $q = 0$: in allora l'arco od il poligono inferiore si riduce ad una retta e la capriata ad un Bow-String:

finalmente potrà essere $\frac{1}{n}$ negativo, e, per esempio, eguale a — 1 e si ha il caso della travatura a doppia parabola separatamente incurvata (fasc. di luglio, pag. 31, tav. I.ª, fig. 22). In tutti i sistemi esaminati la spinta orizzontale è dunque nulla.

Prendiamo ora in esame una travatura da ponte, costituita di un arco e di una trave orizzontale, collegate tra loro mediante opportuno numero di saette e di aste che la dividono in intervalli di eguale ampiezza orizzontale: i carichi, tanto permanenti, quanto accidentali, siano applicati alla trave rettilinea: l'insieme sarà una travata da ponte ad armatura di sostegno, quando l'arco è al disotto, oppure quella d'un ponte sospeso, se è al disopra (vedi fig. 2 e 3).

Qualunque carico applicato al sistema tende necessariamente a produrre uno spostamento delle imposte e del vertice dell'arco, quindi le reazioni degli appoggi non saranno verticali, ma ciascuna risulterà di due componenti, l'una verticale, l'altra orizzontale. La componente verticale ha un valore sempre facilmente noto, qualunque siasi la distribuzione dei carichi, poichè essendo nulli i momenti sugli appoggi, basta prendere i momenti delle forze rispetto a ciascuno dei medesimi, per averne la intensità. Quanto alla spinta o componente orizzontale, essa deve teoricamente soddisfare alle due condizioni generali: 1.° Di essere uguale ma oppostamente diretta sui due appoggi. 2.° Che le direzioni delle reazioni di ciascun appoggio, si taglino in qualche punto della verticale per cui passa la risultante delle forze esterne applicate al sistema (fig. 4) affinchè le tre forze, agenti in uno stesso piano si facciano equilibrio. Essa è per conseguenza una quantità indeterminata. Oltre al variare infatti colla forma geometrica del sistema, varia altresì colla diversa conformazione delle imposte dell'arco, col grado di rigidità degli appoggi e colle vicende della temperatura. Considerando una metà sola della travatura, in una ipotesi qualunque circa la distribuzione dei carichi, al vertice, la spinta è la componente orizzontale della reazione dell'altra metà: all'imposta, è la medesima componente della reazione dell'appoggio. La linea che abbia gli estremi in questi due punti, e che nel resto passi pei punti di applicazione delle risultanti analoghe delle forze agenti sulle successive sezioni, è la curva o poligono di pressione dell'armatura. Questa linea è indeterminata, finchè non siano noti od un punto del suo andamento e la intensità della spinta, oppure due punti per cui debba passare. L'equilibrio d'una travatura data, sottoposta a carichi determinati, può dunque in fatto realizzare in più modi, e le sue vere condizioni rimanere indeterminate entro limiti abbastanza larghi.

Di quì nasce l'utilità dell'introduzione delle cerniere alle imposte ed al vertice delle travature ad arco, già consigliate da Köpke (1), da Mantion (2) e da altri. Questa innovazione consiste nel comporre la travatura di due parti eguali e distinte, riunite in modo che alla chiave si tocchino solamente in un punto mediante una cerniera metallica attorno alla quale ciascuna possa liberamente rotare e nella introduzione di un'altra cerniera a ciascuna delle imposte.

La curva delle pressioni dovendo in allora, alle imposte ed alla chiave, passare costantemente per le cerniere è determinata: le modificazioni che subirà nel suo andamento fra i medesimi punti estremi, in causa di variazioni di temperatura o per cedimento delle imposte o per altra causa, saranno comparativamente piccole, le reazioni sviluppate da queste cause rimarranno sensibilmente le medesime, cosicchè si può ritenere che coll'uso delle cerniere, le condizioni di equilibrio della travatura costruita, siano effettivamente quelle calcolate teoricamente. Questa innovazione non venne per altro applicata ancora in grande scala, ad onta della evidente sua utilità (3). Però gli archi del ponte in ferro sul canale di S. Denis, della ferrovia da Parigi a Creil sono muniti di cerniera, ma alle sole imposte, cosicchè l'indeterminazione, tolta per questa, rimane per quanto risguarda la chiave (4).

Ciò premesso, consideriamo una travatura ad arco di sostegno (fig. 5) della corda di 40^{m} divisa in 20 intervalli orizzontalmente eguali. Saranno allora $l = 20$ $d = 2$. Sia $f_0 = 5,^{m}50$ l'altezza totale delle travature ed $f = 5^{m}$ la saetta dell'arco o poligono parabolico e le due metà simmetriche sieno indipendenti e si tocchino solamente al vertice nella cerniera C applicata alla fibra media dell'arco e fra le imposte e i piedi dell'arco siano interposte le cerniere A, B. I carichi applicati a ciascun vertice, siano $p = 2400^{k}$ di carico permanente e $p' = 4000^{k}$ di carico mobile accidentale. Sarà dunque $P = 6400^{k}$.

Sia $y = q\,x\,(l - x) = f_x$ l'equazione della parabola che pei valori precedenti, diventa $y = 0,05 \times 20\,(l - x) = f_x$ mediante la quale si ottengono il tracciamento dell'arco medesimo; la saetta f_x

---

(1) *Zeitschrift des Architechten und Ingenieur* VEREINS, *für das Königreich* Hannover, 1860 e 1861.

(2) *Ann. Ponts et Chaussées* 1860.

(3) *Ann. des Ponts et Chaussées*. 1860.

(4) Il sig. DARBAL (*Ann. des Ponts et Chaussées*. tom. IX. 1861) in una nota della sua memoria sugli archi metallici, accenna ad alcune applicazioni delle cerniere al vertice, fatte nel Belgio.

e l'altezza h_x della travatura in una sezione verticale qualunque e quindi se ne dedurranno le lunghezze delle saette e quelle dei tronchi dell'arcone, considerati come rettilinei: il tutto com'è indicato nella fig. 5.

Siano Q ed R rispettivamente le componenti orrizzontale e verticale della reazione al vertice di ciascuna metà della travatura, applicate necessariamente alla cerniera C: quantità che occorre di determinare onde conoscere in direzione ed intensità le reazioni degli appoggi. Sopra una lunghezza $\lambda\, d$ a partire da A, i vertici siano aggravati di P: il numero dei vertici carichi sarà dunque λ e gli altri $l - \lambda$ saranno carichi solamente di p.

Poichè Q ed R rappresentano per ciascuna metà della travatura, le componenti della reazione dell'altra, potremo considerare ciascuna isolatamente, ritenuto che il peso p insistente sul vertice medio, si ripartisca ugualmente a destra ed a sinistra. Siano, come in tutte le precedenti applicazioni, F_0 ed F_l le componenti verticali delle reazioni agli appoggi: prendiamo per ciascuna metà i momenti rispetto al corrispondente appoggio. Avremo, a destra:

$$-Qf + R\,\frac{l}{2}\,\lambda\,\frac{(\lambda+1)}{2}\,p' + \frac{p\,l}{4} + (l-1)\,\frac{l}{2}\,p = o.$$

ed a sinistra,

$$Q\,f + R\,\frac{l}{2} - \frac{l-1}{2}\,l\,p - \frac{p\,l}{4} = o.$$

le quali danno:

$$R = -\,\frac{\lambda}{2\,l}\,(\lambda + 1)\,p'$$

R è dunque indipendente dal peso p uniformemente distribuito su tutta la travatura, ossia dal peso proprio: ne risulta che per un carico generale ed uniforme $R = o$. Il che può dimostrarsi anche in altra maniera. Trovando le espressioni delle reazioni verticali degli appoggi si ottiene:

$$(a) \qquad F_0 = p\,\frac{(l-1)}{2} + \frac{\lambda p'}{2l}\,(2\,l - \lambda - 1)\,.$$

$$F_l = p\,\frac{(l-1)}{2} + \frac{\lambda p'}{2l}\,(\lambda+1).$$

Quindi nell'intervallo x^{mo}, compreso fra i vertici $x-1$ ed x per $x > \lambda$, è:

$$F_{x-1} = F_0 - p'\lambda - p(x-1)$$

che per $x = \frac{l}{2}$

diventa $F_{\frac{l}{2}-1} = F_0 - p'\lambda - \frac{(l-2)}{2}p$ che rappresenta la forza tagliente nell'intervallo a sinistra della sezione media. Il peso p applicato sull'asta mediana, lo consideriamo come composto di due eguali $\frac{p}{2}$ ciascuna aggravanti una metà della travatura. La forza tagliante nella sezione media sarà dunque:

$$F_{\frac{l}{2}} = F_0 - p'\lambda - p\,\frac{(l-2)}{2} - \frac{p}{2}\ ,$$

la quale colla sostituzione del valore di F_0 e la conseguente riduzione diventa:

$$F_{\frac{l}{2}} = -\frac{\lambda}{2l}\,(\lambda+1)p' = R.$$

Ne risulta che la componente verticale della reazione al vertice è la forza tagliante corrispondente alla sezione medesima: ora per un carico uniformemente distribuito su tutta la travatura, oppure parziale, ma distribuito simmetricamente è noto essere $F_{\frac{l}{2}} = 0$, dunque anche $R = 0$.

Chiameremo ipotesi complementari quelle due che, prese assieme, corrispondono ad un carico uniforme di tutta la travatura, ed eguale a $P + p$ per ciascun vertice. Poichè per un carico uniforme e generale è $R = 0$ è evidente che i valori di R, corrispondenti a due ipotesi complementari, dovranno essere uguali, ma

di segno opposto, poichè, prese insieme la travatura risulta aggravata uniformemente, ed R deve avere un valore nullo. Dunque, per le ipotesi complementari, nelle quali cioè si considereranno scarichi tutti i vertici già carichi e viceversa, dovrà essere:

$$R = + \frac{\lambda p'}{2l}(\lambda + 1).$$

Infatti: nelle ipotesi complementari, λ rappresenterà i vertici scarichi: il numero di quelli carichi di $p + p'$ sarà per conseguenza $l - \lambda - 1$. In allora:

$$F_0 = \frac{(l-1}{2} p + \frac{l-\lambda}{2l}(l - \lambda - 1) p'$$

quindi per l'intervallo $(x - 1)^{mo}$.

$$F_{x-1} = F_0 - p(x - 1) - p'(x - \lambda - 1) \text{ e per } x = \frac{l}{2}$$

$$F_{\frac{l}{2}} - 1 = F_0 - p\left(\frac{l}{2} - 1\right) - p'\left(\frac{l}{2} - \lambda - 1\right).$$

Sottraendovi $\frac{p+p'}{2}$, metà del carico del vertice medio si avrà la forza tagliante nel mezzo della travatura, cioè:

$$F_{\frac{l}{2}} = F_0 - p\,\frac{l}{2} + \frac{p}{2} - p'\left(\frac{l}{2} - \lambda\right) + \frac{p'}{2}$$

e sostituendovi il valore di F_0, poi riducendo si ha:

$$F_{\frac{l}{2}} = + \frac{\lambda p'}{2l}(\lambda + 1) = R.$$

Ottenuto così per una ipotesi qualunque il valore della componente verticale della reazione al vertice, troveremo facilmente il corrispondente valore della componente orizzontale.

Rappresenti ancora λ il numero dei vertici carichi (1). Consideriamo come precendetemente una sola metà della travatura. Sarà :

$$R = -\frac{\lambda}{2}(\lambda + 1)p'$$

Prendiamo i momenti rispetto la imposta (fig. 5), si ottiene:

$$-Qf - \lambda\frac{(\lambda+1)}{2l}p'd.\frac{l}{2} + \frac{\lambda(\lambda+1)}{2}p'd$$

$$+\left(\frac{l}{2}-1\right)\left(1+\frac{\frac{l}{2}-2}{2}\right)pd + p\frac{ld}{4} = 0.$$

la quale dà:

$$-Qf + \lambda + \frac{(\lambda+1)}{4}p' + \frac{pl^2}{8} = 0.$$

e quindi:

$$Q = d\left\{\lambda\frac{(\lambda+1)}{4f}p' + \frac{pl^2}{8f}\right\} \qquad (\alpha)$$

In modo analogo, quando λ rappresenti il numero dei vertici scarichi, ossia per le ipotesi complementari, si ottiene:

$$Q = d\left\{-\frac{\lambda(\lambda+1)}{4f}p' + \frac{Pl^2}{8f}\right\} \qquad (\beta)$$

Queste medesime formole (α) (β) ponno trovarsi in altro modo, mediante il noto teorema (2), che la spinta prodotta da un carico

---

(1) Per vertici intenderemo sempre i punti d'attacco delle forze esterne, anche quando i punti medesimi si trovassero sopra una retta, com'è il caso presente in cui s'è ritenuto che i carichi insistono sulla trave orizzontale, e ciò perchè riteniamo i punti medesimi come altrettante articolazioni.

(2) Vedi Bresse. *Cours de Mécaniq.*, tom. I.

parziale è la media geometrica delle spinte che si hanno, ristabilendo dapprima l'equilibrio coll'aggiunta di un carico parziale simmetrico al precedente, poi sopprimendoli entrambi. Infatti, poichè il sovraccarico aggrava i primi λ vertici a sinistra, supponiamo di caricarne altrettanti simmetricamente a destra. Allora sarà $R = 0$ e prendendo i momenti rispetto ad uno degli appoggi si ha:

$$Qf = \frac{\lambda(\lambda+1)}{2} p' + \frac{l-2}{2} \frac{l}{4} p + \frac{pl}{4}$$

$$\text{ossia } Qf = \frac{\lambda(\lambda+1)}{2} p' + \frac{pl^2}{8} .$$

Leviamo il sovraccarico da tutti i vertici e sarà

$$Qf = \frac{pl^2}{8}$$

E la media delle due sarà

$$Q = \frac{\lambda(\lambda+1)}{4f} p' + \frac{pl^2}{8f}$$

come s' è trovato precedentemente.

Sommiamo ora le (α) (β) indicando con Q_0 il valore che se ne ottiene. Avremo

$$Q_0 = \frac{(P+p)}{8f} l^2 d$$

Valore della spinta orizzontale corrispondente ad un carico generale ed uniforme di tutti i vertici eguali a $P + p$ per ciascuno.

Dunque la somma dei due valori di Q corrispondenti a due ipotesi complementari è una quantità costante, ed uguale a quel valore di Q che corrisponde ad un carico generale di tutti i vertici eguali a $P + p$, mentre la somma dei due valori di R è nulla.

Ciò premesso, passiamo alla ricerca dei massimi sforzi esercitati sulle singole parti della travatura già descritta e rappresentata nella fig. 6.ª, incominciando da quelli corrispondenti ai tronchi della tavola orizzontale.

Per un sovraccarico generale ed uniforme, abbiamo:

$$R=0, Q=\frac{P\,l^2}{8\,f}\,d, \quad F_0=\frac{P}{2}(l-1), \quad f_x=\frac{4\,f}{l^2}\,x(l-x).$$

che si ottiene dalla (γ).

Prendiamo i momenti rispetto ad una sezione alla distanza $x\,d$ dall'imposta sinistra ove poniamo l'origine delle coordinate. Avremo

$$M_x=d\left[F_0\,x-a_x\frac{(x-1)}{2}\right]-Q\,f_x$$

e sostituendovi i precedenti valori:

$$M_x=d\left[\frac{P}{2}(l-1)\,x-\frac{P}{2}\,x\,(l-x)-P\,x\frac{(x-1)}{2}\right]=0$$

Ora la forza orizzontale molecolare N_x è data come ci è noto, della

$$N_x=\frac{M_x}{h_x}$$

e lo sforzo C_x sul tronco x^{mo} della tavola, dalla

$$C_x=\frac{N_x}{\cos.\,\alpha_x}$$

ma perchè $M_x=0$ risulta $C_x=0$ ossia per un carico generale uniformemente distribuito, lo sforzo sulla tavola orizzontale è nullo. Questo fatto dipende dall' esser la parabola la curva di equilibrio di un filo flessibile fisso agli estremi ed aggravata di pesi uniformemente distribuiti rispetto l' orizzontale e poichè, rovesciando l' arco le sue condizioni di equilibrio non mutano, i

due casi sono identici e dall' essere nullo il momento di inflessione, in qualunque punto dell' arco, ne risulta che la tavola non soffre sforzo alcuno. In questo caso la curva di pressione dell' arco si confonde colla sua fibra media, cioè colla fibra passante pei centri di gravità d' ogni sezione normale, quindi l' arco è tutto quanto compresso, e la pressione medesima è in una sezione qualunque uniformemente distribuita sulla medesima. Notisi che ciò non avrebbe luogo se la cerniera al vertice invece di coincidere col centro di gravità della sezione dell' arco, come abbiamo ammesso nel caso nostro, forse disposta in un altro punto qualunque della chiave dell' arco.

Se la cerniera al vertice forse applicata in corrispondente alla tavola orizzontale (fig. 8) essendo h_0 l'altezza totale della travatura, sarebbe:

$$Q = \frac{P\,l^2}{8\,h_0}$$

e l'equazione dei momenti sarebbe:

$$M_x = d\left[P\frac{(l-1)}{2}x - P\,x\,\frac{(x-1)}{2}\right] - \frac{P\,l^2}{8\,h_0}f_x$$

ossia

$$M_x = \frac{d\,P\,x}{2}(l-x) - \frac{P\,l^2}{8\,h_0}f_x$$

che non è nullo se non per $x = 0$, ossia lo sforzo sulle tavole per un carico generale, sarebbe nullo solamente alle imposte. Per trovare quale sia l'ipotesi di distribuzione del sovraccarico per la quale lo sforzo prodotto sopra un dato tronco della tavola orizzontale sia un massimo positivo o negativo, convien conoscere quali siano i vertici il cui singolo sovraccarico produca uno sforzo di eguale natura, tensione o pressione sul tronco medesimo, perchè in allora, caricando contemporaneamente tutti quei vertici ad esclusione degli altri, si avrebbe evidentemente il massimo possibile sforzo di quella natura su quel tronco, mentre l' ipotesi complementare darebbe il massimo di natura opposta. Ora: poichè i massimi corrispondenti a due ipotesi complementari relativi ad un dato tronco sono di segno opposto, è chiaro che deve esistere nella travatura un qualche punto, nel quale o nei quali se ve ne

ha più d'uno, l'applicazione d'un carico qualunque non produrrebbe sforzo alcuno sul tronco medesimo. Infatti: rappresentiamo colla retta *A B* (fig. 9) la lunghezza della travatura divisa nei punti *a*, *b*, *c*, ... in tanti tronchi quanti sono i corrispondenti della trave, e la lunghezza delle ordinate *aa'* *bb'* *cc'* *gg'* *hh'* rappresentino in una scala qualunque l'intensità degli sforzi che il carico di ciascun punto produce sopra un dato tronco della *A B* e portate al disopra od al disótto della *A B*, secondo che gli sforzi medesimi sono positivi o negativi: la linea che ne unisce gli estremi è rappresentatrice di questi sforzi: nei punti *m*, *n* della fig. 9 od *r* della fig. 10, l'applicazione d'una forza non produrrebbe evidentemente sforzo alcuno sopra il tronco considerato, perchè lo sforzo cambia di segno da sinistra a destra dei medesimi. Ed è chiaro che le ipotesi complementari offrenti i massimi relativi a quel tronco della tavola che si considera, saranno quelle per le quali si carichino contemporaneamente i vertici compresi in due porzioni non contigue delle parti in cui *m* ed *n* od *r* dividono la *A B*.

Consideriamo dunque la travatura come sollecitata da una forza unica *P* applicata ad un vertice alla distanza di λ intervalli dell'imposta e cerchiamo la posizione che essa deve avere affinchè sia nullo lo sforzo sui successivi tronchi della tavola orizzontale.

1.° Caso. Sia $X <$ di λ. La reazione dell'appoggio sarà:

$$F_0 = \frac{P(l-\lambda)}{l}$$

Prendiamo i momenti rispetto ad *A*.

$$-Qf + Rl\frac{d}{2} + P\lambda d = 0$$

Poichè *R* è la forza tagliante in *C*, sarà:

$$(c) \qquad R = -\frac{P\lambda}{l}, \text{ quindi}$$

$$Qf = P\lambda d - \frac{P\lambda d}{2} = \frac{P\lambda d}{2}, \text{ e per conseguenza}$$

$$Q = \frac{P\lambda d}{2f} \text{ spinta dovuta all' unica forza } P.$$

Ora

$$M_x = \left[\frac{P(l-\lambda)}{l} x - \frac{P\lambda}{2f} f_x\right] d \text{ ed essendo per la } (\gamma)\ (\psi)$$

$$\frac{f_x}{f} = 4\ x \frac{(l-x)}{f^2} \text{ risulta riducendo}$$

$$M_x = \frac{P d x}{l^2}\left[l(l-\lambda) + 2\lambda(l-x)\right] \text{ e perciò}$$

$$(\rho) \qquad N_x = \frac{P d x}{h_x l^2}\left[l(l-\lambda) - 2\lambda(l-x)\right]$$

Ma

$$C_x = \frac{N_x}{\cos.\ \alpha_x} \text{ e } \cos.\ \alpha_x = 1; \text{ quindi}$$

$$(\varphi) \qquad C_x = \frac{P_x}{h_x l^2}\left[l(l-\lambda) - 2\lambda(l-x)\right] d.$$

il valore di λ per cui $C_x = 0$ sarà dato dalla

$$l(l-\lambda) - 2\lambda(l-x) = 0 \quad \text{da cui} \quad \lambda = \frac{l^2}{3l - 2x}$$

Questa pel nostro caso in cui $l = 20$ dà per

$x =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda =$	6,8	7,1	7,4	7,6	8,0	8,3	8,7	9,04	9,4	10(δ)

2.° Caso. Sia $x > \lambda$. In allora:

$$M_x = d\ \left[\frac{P(l-\lambda)}{l} x - 2x\frac{(l-x)}{l^2} P\lambda - P(x-\lambda)\right] \text{ quindi}$$

$$N_x = \frac{d}{h_x}\left[\frac{P(l-\lambda)}{l}x - 2x\frac{(l-x)}{l^2}P\lambda - P(x-\lambda)\right]$$

che riducendo diventa

$$(d) \qquad N_x = \frac{P\,d\,\lambda}{h_x\,l^2}\left[2x^2 - 3lx + l^2\right]$$

che è nullo per $\lambda = 0$

Dunque per ciascun valore di x ossia per ogni tronco della tavola, v' ha un punto solo nel quale l' applicazione d' una forza non produce sforzo alcuno, ed è dato dai valori trovati (δ) di λ.

E poichè l' equazione (φ) dà risultati positivi per valori di λ minori dei trovati, ne risulta che caricando contemporaneamente tutti i vertici che si trovano a sinistra dei successivi valori di λ, si hanno i massimi positivi di C_x, mentre caricando tutti quelli che si trovano a destra si ottengono i massimi negativi di C_x, ossia le ipotesi complementari.

Essendoci così note le ipotesi che danno i massimi per ogni tronco della tavola, ci rimane di trovare l'equazione generale di C_x corrispondente ad un sovraccarico parziale, onde farvi le opportune sostituzioni.

Sia λ il numero dei vertici carichi a partire dall' imposta sinistra e sia $\lambda > X$. I valori di F_0 e di Q sono dati dalla (a) (α) e l'equazione generale dei momenti è:

$$M_x = F_0\,x\,d - \frac{p\,x}{2}(x-1)\,d - Q\,f_x$$

Sostituendovi per F_0 il valore (a), per Q il valore (α), per $\frac{f_x}{f}$ il valore (ψ) e riducendo si ha

$$(g) \qquad M_x = \left[\frac{\lambda p'}{2l}(2l-\lambda-1)\,x - x\frac{(x-1)}{2}p' - \right.$$

$$\left. - \frac{\lambda p'}{l^2}(\lambda+1)\,x\,(l-x)\right] d$$

e per conseguenza:

$$C_x = \frac{dp'}{h_x}\left[\frac{\lambda}{2l}(2l - \lambda - 1)\,x - x\frac{(x-1)}{2} - \right.$$

$$\left. - \frac{\lambda}{l^2}(\lambda + 1)(l - x)\right] \text{ od anche}$$

$$C_x = \frac{dp'x}{h_x l^2}\left[\lambda l (2l - \lambda - 1) - l^2 (x - 1) - \right.$$

$$\left. - 2\lambda(\lambda + 1)(l - x)\right] \text{ che per}$$

$l = 20$, $p' = 4000^k$ diventa

$$C_x = \frac{10\,x}{h_x}\left[20\lambda(39 - \lambda) - 400(x - 1) - \right.$$

$$\left. - 2\lambda(\lambda + 1)(20 - x)\right] \quad (h)$$

Ponendo in questa per

$x =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	i valori
$\lambda =$	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	si hanno

max. $\pm C_1 = 5195,60$ max. $\pm C_6 = 43569,23$
max. $\pm C_2 = 11154,05$ max. $\pm C_7 = 50694,73$
max. $\pm C_3 = 18061,05$ max. $\pm C_8 = 50285,71$
max. $\pm C_4 = 25878,26$ max. $\pm C_9 = 36000$
max. $\pm C_5 = 34285,71$ max. $\pm C_{10} = 0$

I massimi hanno il doppio segno perchè la somma dei valori corrispondenti a due ipotesi complementari deve dare un valore nullo, poichè in allora la travatura è aggravata da un carico generale ed uniforme, nel qual caso $C_x = 0$. Pèr questa stessa ragione, si poteva ommettere nel calcolo superiore il carico permanente p. In allora:

$$F_0 = \frac{\lambda p'}{2l}(2l - \lambda - 1) \quad \text{e} \quad Q = \frac{\lambda p' d}{4f}(\lambda + 1)$$

Passiamo ora alle Saette, ricordando che detto S_x, lo sforzo sulla x^{ma}, e γ_x l'angolo che essa fa coll'orizzonte, è

$$S_x = \frac{1}{\cos.\gamma_x}(N_x - N_{x-1})$$

Per trovare quali sieno le ipotesi di distribuzione del sovraccarico, alle quali corrispondono i massimi sforzi su una data saetta, terremo lo stesso metodo usato per le tavole, cercando, per una saetta qualunque, quali siano i punti nei quali l'applicazione di un peso qualunque, non produca sforzo sulla medesima.

Abbiamo la (p) $$N_x = \frac{P d_x}{h_x l^2}\Big(l(l-\lambda) - 2\lambda(l - x)\Big)$$

nella quale cambiando x in $x-1$ si ha

$$N_{x-1} = \frac{P d(x-1)}{h_{x-1} l^2}\Big(l(l-\lambda) - 2\lambda(l - x + 1)\Big)$$

e per conseguenza

$$N_x - N_{x-1} = \frac{Pd}{l^2}\Big(l(l-\lambda)\left(\frac{x}{h_x} - \frac{x-1}{h_{x-1}}\right) - 2\lambda(l-x)$$

$$\left(\frac{x}{h_x} - \frac{x-1}{h_{x-1}}\right) + 2\lambda\frac{x-1}{h_{x-1}}\Big) = S_x \cos.\gamma_x$$. Ed indicando

con s_x la lunghezza della x^{ma} Saetta si ha

$$S_x = \frac{P\, s_x}{l_2} \left\{ \left(l^2 - 3\,l\lambda + \lambda x\right)\left(\frac{x}{h_x} - \frac{x-1}{h_{x-1}}\right) + 2\lambda \frac{x-1}{h_{x-1}} \right\} \quad (e)$$

Il valore di λ che rende $S_x = o$ é dato dalla

$$\lambda = l^2 \frac{h_{x-1} x - h_x (x-1)}{(3l - 2x)\left[h_{x-1} x - h_x (x-1)\right] - 2(x-1) h_x} \quad (b)$$

Questa per $l = 20$ e per

x =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	dà
λ =	6,8	7,6	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,9	10,7	(*f*)

l'ultimo dei quali è inammissibile perchè *P* sarebbe applicato nella metà destra delle travature, cosichè *R* avrebbe valore diverso dal trovato (*c*).

Poichè è $\lambda > x$, i valori di λ si riferiscono a punti situati a destra della saetta x^{ma}: ne risulta che il carico di ciascuno dei vertici compresi fra la sezione x^{ma} ed il valore di λ che vi corrisponde produce uno sforzo di pari natura e che perciò la somma dei loro sforzi parziali darà il massimo relativo al carico della parte di travatura situata a destra di S_x. Si avranno poi i massimi assoluti cercati, quando si consideri anche l'effetto prodotto sulla medesima saetta dal carico dei vertici situati fra essa e l'appoggio: punti che non furono ancora considerati.

Per $\lambda < X$ e pel medesimo caso d'una forza unica abbiamo trovato la (*d*), dalla quale, cambiando x in $x - 1$ e sottraendo, si ottiene la

$$N_x - N_{x-1} = \frac{d P \lambda}{l^2} \left\{ \frac{1}{h_x} (2x^2 - 3lx + l^2) \right.$$

$$\left. - \frac{1}{h_{x-1}} \Big(2(x-1)^2 - 3l(x-1) + l^2 \Big) \right\} \text{ e quindi}$$

$$S_x = \frac{P \lambda s_x}{l^2} \left(\frac{1}{h_x} (2x^2 - 3lx + l^2) \right.$$

$$\left. - \frac{1}{h_{x-1}} [2(x-1)^2 - 3l(x-1) + l^2] \right) \qquad (o)$$

Ora questa formola pei valori di x da 1 a 6 incluso e per $l = 20$ dà risultato positivo, mentre per $x = 7, 8, 9, 10$, dà valore negativo, qualunque sieno P e λ.

Ne risulta che per le prime sei saette, il carico applicato a ciascuno dei vertici situati a sinistra delle medesime, dà un valore positivo e conviene quindi caricarli contemporaneamente, mentre per le saette S_7 S_8 ed S_9 il carico dei vertici a sinistra dà risultato negativo. D' altra parte la precedente formola (e) dà invece risultati sempre positivi quando vi si sostituisca per λ un valore minore dei trovati che rendono $S_x = 0$.

Siamo così in grado di conoscere quali siano i vertici da caricarsi contemporaneamente onde avere il massimo sforzo positivo su S_x, mentre l'ipotesi complementare darà il massimo negativo.

Per le prime sei saette converrà caricare contemporaneamente tutti i vertici a sinistra del valore di λ (f) per cui $S_x = 0$: per avere il massimo positivo di S_7 converrà caricare solamente i vertici 7° 8° e 9°: per S_8 i soli 8° e 9°: per S_9 caricarli tutti meno i primi otto a sinistra e finalmente per S_{10} caricarli tutti meno i primi nove a sinistra: queste ipotesi sono indicate nella fig. 12.

E poichè lo sforzo sulle saette è necessariamente nullo, come quello sulle tavole per un carico uniformemente distribuito su tutta la travatura, ne risulta che i massimi negativi offerti dalle ipotesi complementari delle precedenti, saranno uguali ma di segno opposto.

Ciò premesso, troviamo l'espressione di S_x per una ipotesi qualunque onde avere i massimi mediante la sostituzione per λ dei valori trovati.

Rappresenti λ il numero dei vertici carichi.

1° Caso. Sia $X < \lambda$. Allora la formola dei momenti è la *(g)* precedentemente trovata che mediante riduzioni diventa

$$M_x = \frac{d\,p'\,x}{2\,l^2}\Big([2\,l^2 - (\lambda+1)(3\,l - 2\,x)]\,\lambda - l^2(x-1)\Big)$$

Quindi

$$N_x = \frac{d\,p'\,x}{2\,h_x\,l^2}\Big(\lambda\,[2\,l^2 - (\lambda+1)(3\,l - 2\,x)] - l^2(x-1)\Big)$$

ed

$$N_{x-1} = \frac{d\,p'\,(x-1)}{2\,h_{x-1}\,l^2}\Big(\lambda\,[2\,l^2 - (\lambda+1)(3\,l - 2\,x + 2)] - (x-2)\,l^2\Big)$$

e per conseguenza

$$S_x = \frac{p'\,s_x}{2\,l^2}\Big(\frac{x}{h_x}\Big(\lambda[2\,l^2 - (\lambda+1)(3\,l - 2\,x)] - (x-1)\,l^2\Big)$$

$$-\frac{x-1}{h_{x-1}}\Big(\lambda\,[l^2 - (\lambda+1)\,(3\,l - 2\,x + 2)] - (x-2)\,l^2\Big) \qquad (M)$$

2° Caso. Sia $X > \lambda$. In allora

$$M_x = F_0\,d\,x - \lambda\,p'\,\frac{(2\,x - \lambda - 1)}{2} - Q\,f_x$$

dalla quale sostituendo i valori di F_0, e Q,

e poi di $\frac{f_x}{f}$ dati dalle (*a*) (α) (γ) e riducendo, si ottiene

$$M_x = \frac{\lambda(\lambda+1)}{2\,l^2}\,d\,p'\,[l^2 - (3\,l - 2\,x)\,x]$$

e da questa

$$N_x = \frac{\lambda(\lambda+1)\,d\,p'}{2\,h_x\,l^2}\,[l^2 - (3\,l - 2\,x)\,x]$$

Cambiando x in $x - 1$, sottraendola e dividendo per cos. γ_x si ha:

$$S_x = \frac{\lambda(\lambda+1)}{2\,l^2}\,p'\,s_x\,\Big\{l^2\Big(\frac{1}{h_x} - \frac{1}{h_{x-1}}\Big) - (3\,l - 2\,x)$$

$$\Big(\frac{x}{h_x} - \frac{x-1}{h_{x-1}}\Big) + 2\frac{x-1}{h_{x-1}}\Big\} \qquad (P).$$

Per le ipotesi complementari λ rappresenta i vertici scarichi. In allora:

1.° Caso $x < \lambda$ Saranno:

$$F_0 = \frac{l-1}{2}p + \frac{l-\lambda}{2\,l}(l-\lambda-1)p' \qquad Q = d\Big[-\frac{\lambda\,p'}{4\,f}(\lambda+1) + \frac{p\,l^2}{8\,f}\Big]$$

$$M_x = d\,F_0\,x - \frac{p\,x}{2}(x-1)\,d - Q\,f_x$$

Sostituendo e riducendo, si ha:

$$M_x = \frac{p'\,d\,x}{2\,l^2}\Big[l(l-\lambda)(l-\lambda-1) + 2(\lambda+1)\lambda(l-x) - l^2(l-x)\Big]$$

dalla quale come precedentemente si ottiene:

$$S_x = \frac{s_x\,p'}{2\,l^2}\left\{\left[l(l-\lambda)(l-\lambda-1)+2\lambda(\lambda+1)(l-x)\right]\right.$$

$$\left(\frac{x\,h_{x-1}-(x-1)h_x}{h_{x-1}\,h_x}\right)-\frac{2\lambda(\lambda+1)}{h_{x-1}}(x-1)$$

$$\left.-\,l^2\left[\frac{x(l-x)}{h_x}-\frac{(x-1)(l-x+1)}{h_{x-1}}\right].\qquad (N).$$

2.° Caso $\lambda < x$, in allora:

$$M_x = d\,F_0 x - \frac{p\,x}{2}(x-1)d - Qf_x - (x-\lambda-1)\frac{(x-\lambda)}{2}p'$$

che mediante le opportune sostituzioni e riduzioni diventa:

$$M_x = \frac{d\,p'\lambda(\lambda+1)}{2\,l^2}\left\{3\,l\,x-2\,x^2-l^2\right\}$$

dalla quale:

$$S_x - \frac{p'\lambda(\lambda+1)}{2\,l^2}\,s_x\left\{\frac{1}{h_x}(3\,l\,x-2\,x^2-l^2)-\frac{1}{h_{x-1}}\right.$$

$$\left.(3\,l(x-1)-2(x-1)^2-l^2)\right\}\qquad (Q)$$

Potevamo per altro ommettere la ricerca di queste due formole (*N*) e (*Q*) perchè fu già osservato che le ipotesi complementari danno i valori uguali di S_x, ma di segno opposto. Facciamo dunque le sostituzioni. La formola (*M*) dà

per $\lambda = 6$. max. $\pm S_1 = 12925$. per $\lambda = 8$ max. $\pm S_4 = 12054$

$\lambda = 7$ max. $\pm S_2 = 12594$ » $\lambda = 8$ max. $\pm S_5 = 11908$

$\lambda = 7$ max. $\pm S_3 = 12313$ » $\lambda = 8$ max. $\pm S_6 = 11070$.

Poichè per avere il massimo positivo di S_7 bisogna che i primi sei vertici a sinistra siano scarichi e contemporaneamente tutti i seguenti al nono, bisognerà, per avere la prima parte del massimo, far $\lambda = 6$ per $x = 8$ nella (P) e cambiar segno al risultato. Per la seconda parte far $\lambda = 9$ per $x = 7$ nella (N), oppure nella (M), ma cambiando il segno, e sommare quindi i due risultati, si ha così:

$$\begin{array}{lr} \lambda = 6 \text{ nella } (P) & 1878,55 \\ \lambda = 9 \text{ nella } (N) & \underline{8873,93} \\ \text{max.} \pm S_7 = & 10752,48. \end{array}$$

Analogamente: per avere max. S_8 positivo bisognerà fare $\lambda = 7$ nella (P) e $\lambda = 9$ nella (N) per $x = 8$, e sommare dopo cambiato il segno ai risultati. Si avrà:

$$\begin{array}{lr} \lambda = 7 \text{ nella } (P) & 8033,55 \\ \lambda = 9 \text{ nella } (N) & \underline{1752,62} \\ \text{max.} \pm S_8 = & 9786,17. \end{array}$$

Finalmente si avranno i massimi positivi di S_9 ed S_{10} mediante la (P) facendovi:

$$\text{per } x = 9 \;\; \lambda = 8 \,; \;\; \text{per } x = 10 \;\; \lambda = 9,$$

e cambiando il segno ai risultati, o far uso della (N).

Si avrà:

$$\text{max.} \pm S_9 = 21361,37, \quad \text{max.} \pm S_{10} = 37154,16.$$

I massimi hanno il doppio segno per la ragione nota. Si voglia ora conoscere quale delle due ipotesi complementari, che danno i massimi di S_x, produca tensione eguale e pressione sulla medesima. A questo scopo si osservi che S_x è positivo quando $N_x > N_{x-1}$,

ossia quando i momenti delle forze dirette in alto che furono prese positivamente nelle formole, sono maggiori dei momenti di quelle dirette oppostamente: in allora la rotazione della x^{ma} diagonale avviene da sinistra a destra, quindi la saetta è tesa. Quando invece S_x è negativo, la rotazione avviene in senso opposto, e perciò la diagonale è compressa.

Se per una particolare costituzione dell' arco, la spinta avesse ad annullarsi, l' equazione dei momenti per una sola forza e per $\lambda > x$ sarebbe evidentemente

$$M_x = F_0 x = P \frac{(l - \lambda)}{l} x$$

la quale si annulla per $\lambda = l$ ossia gli sforzi sulla tavola orizzontale sarebbero massimi quando il carico fosse distribuito uniformemente su tutta la travatura, poichè non v' ha alcun suo punto, nel quale l' applicazione d' una forza produca uno sforzo nullo sulla tavola. In allora l' equazione dei momenti sarebbe:

$$M_x = \left\{ F_0 x - P x \frac{(x-1)}{2} \right\} d$$

in cui posto per F_0 il suo valore (a) s' avrebbe, riducendo:

$$M_x = \frac{x d}{2 l} \left\{ p l (l - x) + p' \left[\lambda (2l - \lambda - 1) - l (x - 1) \right] \right\}$$

da cui

$$C_x = \frac{d x}{2 l h_x} \left\{ p l (l - x) + p' \left[\lambda (2l - \lambda - 1) - l (x - 1) \right] \right\}$$

e fattovi $\lambda = l$

$$\max. C_x = \frac{d P x}{2 h_x} (l - x)$$

ossia pel caso nostro

$$\text{max. } C_x = \frac{6400}{h_x} x (20 - x)$$

la quale dà dei valori maggiori d'assai della (h). Ora la spinta potrebbe annullarsi in un ponte, qualora sotto un dato carico, le imposte potessero liberamente scostarsi di quella quantità che corrisponderebbe all'allungamento della corda prodotta dalla spinta. Sarebbe pure in allora

$$S_x = \frac{6400}{2} s_x \left[x \frac{(20 - x)}{h_x} - \frac{(x - 1)(21 - x)}{h_{x-1}} \right]$$

la quale pure dà valori di molto maggiori delle trovate precedentemente. Il ponte in questo caso lavorerebbe come una travatura rettilinea ordinaria, e bisognerebbe assegnare a ciascuna parte dimensioni molto maggiori di quelle occorrenti pel caso in cui le imposte sieno immobili.

Passiamo alla ricerca dei massimi corrispondenti alle aste. Considerando il vertice superiore a (fig. 13) dell'asta $(x - 1)^{ma}$ si vede che per l'equilibrio del medesimo si richiede che sia soddisfatta l'equazione (m) $A_{x-1} = - P' \pm S_x \frac{h_x}{s_x}$, nella quale P' indica il carico applicata in a ed $S_x \frac{h_x}{s_x}$ è la componente verticale dello sforzo sulle saette: il massimo d'un'asta è dunque contemporaneo a quello della saetta successiva a destra. Le considerazioni fatte precedentemente circa la natura dello sforzo corrispondente ai massimi di S_x, toglie l'indeterminazione nel segno del secondo termine della (m).

Dunque pei massimi positivi di S_x essendo in allora l'asta $(x - 1)^{ma}$ compressa dalla componente verticale di S_x e poichè nella ipotesi corrispondente l' $(x - 1)^{mo}$ vertice è aggravato dalla forza P, sarà:

$$(\text{max. } -) A_{x-1} = - \left[P_x + \text{max. } S_x \frac{h_x}{s_x} \right] \text{ (pressione)}$$

(n)

$$(\text{max.} +) A_{x-1} = -p + \text{max.}\ S_x \frac{h_x}{s_x} \text{ (tensione)}$$

Per l'asta A_0 corrispondente all'imposta sinistra, supposto che sia scarica, sarebbe:

$$\text{max.}\ A_0 = \text{max.}\ S_1 \frac{h_1}{s_1} = -11832$$

ma poichè porta la metà del carico corrispondente al primo intervallo, sarebbe:

$$(\text{max.} +)\ A_0 = 1200 - 11832 = 10632$$

e supposto che l'asta medesima sia anche aggravata del carico accidentale di 4000^k

$$(\text{max.} -)\ A_0 = -(5200 + 11832) = -17032$$

S'avrebbe in modo analogo, ritenuto che il peso p sia applicato in parti uguali ai due estremi dell'asta

$$\text{max.}\ A_1 = \begin{cases} -16276 \\ +\ 9876 \end{cases} \qquad \text{max.}\ A_2 = \begin{cases} -15391 \\ +\ 8971 \end{cases}$$

$$\text{max.}\ A_3 = \begin{cases} -14295 \\ +\ 7895 \end{cases} \qquad \text{max.}\ A_4 = \begin{cases} -13040 \\ +\ 6640 \end{cases}$$

$$\text{max.}\ A_5 = \begin{cases} -11233 \\ +\ 4833 \end{cases}$$

Abbiamo visto come i massimi di S_7 ed S_8 siano dati da una disposizione del sovraccarico mobile, pel quale la travatura è divisa

in tre tronchi invece di due. Nelle ipotesi che dà il massimo positivo di S_7, il sesto vertice è scarico e viceversa, cosicchè le (n) diventerebbero:

$$(\text{max.} -)\ A_6 = -P + S_7 \frac{h_7}{s_7} = -5200 + 4613 = -587$$

$$(\text{max.} +)\ A_6 = -p + S_7 \frac{h_7}{s_7} = -1200 - 4613 = -5813$$

che non ponno essere i massimi di A_6 e perchè sono di pari segno e perchè un valor minore di S_7 darebbe nella prima uno maggiore di A_6: un fatto analogo si presenterebbe per l'asta A_7, conviene dunque cercare il massimo possibile valore positivo di S_7 nella ipotesi che il sesto vertice sia carico, poichè allora i valori di P e di $S_7 \frac{h_7}{s_7}$ si sommano. Consideriamo separatamente i vertici che si trovano a destra, da quelli che si trovano a sinistra del sesto. Pei primi l'ipotesi che dà il massimo di S_7 è, come abbiamo trovato precedentemente, quella per cui siano carichi tutti i vertici, meno il 7.° l'8.° e il 9.° ipotesi che ci dà $S_7 =$ 8873,93 facendo $\lambda = 9$ nella (N). Pei vertici che si trovano a sinistra del sesto, convien cercare quali debbansi caricare di P per avere il massimo valore positivo di S_7 dovuti ai medesimi. Abbiamo trovato che per le saette S_7 S_8 S_9 ed S_{10} il carico dei vertici che si trovano alla loro sinistra, dia un risultato negativo: il sovraccarico applicato al sesto vertice, ha dunque certamente una influenza negativa su S_7. Se dunque dal massimo assoluto positivo di S_7 precedentemente trovato (10752,28) leveremo lo sforzo che si esercita sulla saetta quando si carichi il solo sesto vertice, avremo il massimo positivo di S_7 in quella ipotesi. L'influenza del carico del solo vertice sesto su S_7 si ha dalla formola (0) facendovi $P = 4000$, $\lambda = 6$, $x = 7$. Essa dà:

$$S_7 = -132.84 \times 4{,}04 = 536{,}67. \text{ Quindi}$$

10752,28 — 536,67 = 10215,61 è il massimo di S_7 cercato. Volsi una riprova di questa cifra? L'ipotesi complementare di quella che ha fornito il valore trovato, deve dare uno sforzo uguale ma di segno opposto. Ora alla ipotesi corrispondente a

massimo positivo di S_7 per la quale sono carichi solamente i vertici 7.°, 8.° e 9.° abbiamo aggiunto quelle per cui era carico il solo sesto vertice, dunque l'ipotesi che dà $S_7 = 10215{,}60$ corrisponde al carico dei vertici 6.° 7.° 8.° 9.°; caricando tutti gli altri avremo dunque la complementare. Pei vertici a sinistra del 6.° bisognerà ricorrere alla (P) fattovi $x = 7$, $\lambda = 5$: per quelli alla destra del 9.° alla (N), facendovi $x = 7$, $\lambda = 9$. Si ha così:

$$\begin{array}{lr} \text{dalla } (P) - 332{,}10 \times 4{,}04 = - & 1341{,}68 \\ \text{dalla } (N) \qquad\qquad\qquad\quad - & 8873{,}93 \\ \hline \text{ritornano per } S_7 = - & 10215{,}61 \end{array}$$

Così per S_8 conviene cercare il massimo valore positivo quando il 7.° vertice sia carico; ma poichè anche per S_8 il carico dei vertici a sinistra dà uno sforzo negativo, basterà sottrarre dal massimo assoluto di S_8 il valore comprendente il carico del solo vertice settimo che si ha facendo $\lambda = 7$, $x = 8$ nella (0) e $P = 4000$ e si ha $S_8 = -148{,}33 \times 13{,}533 = -2007{,}34$. Quindi $9786{,}07 - 2007{,}34 = 7778{,}33$ è il valor cercato di S_8.

Si ha una verifica anche in questo caso, trovando il valore di S_8 corrispondente all'ipotesi complementare, che si ha facendo $\lambda = 6$, $x = 8$ nella (P) e $\lambda = 9$, $x = 8$ nella (N) e sommando: con che si ha:

$$\begin{array}{lr} \text{dalla } (P) - 444{,}99 \times 13{,}54 = - & 6025{,}15 \\ \text{dalla } (N) \qquad\qquad\qquad\quad - & 1752{,}62 \\ \hline S_7 = - & 7777{,}77 \end{array}$$

Pei massimi di A_6 ed A_7 avremo dunque:

$$(\text{max.} -)\, A_6 = -\left(5200 + 10215{,}61 \frac{h_7}{s_7}\right) = -9584$$

$$(\text{max.} +)\, A_6 = -1200 + 10215{,}61 \frac{h_7}{s_7} = +3184$$

$$(\text{max.} -)\, A_7 = -\left(5200 + 7778{,}8 \frac{h_8}{s_8}\right) = -7770$$

$$(\text{max.} +)\, A_7 = -1200 + 7778{,}8 \frac{h_8}{s_8} = +1370$$

Anche per S_9 il carico dei vertici a sinistra del 9.° dà valore negativo: convien dunque procedere nell'ugual modo e trovare S_9 corrispondente al carico dell' unico vertice 8.° e sottrarlo dal massimo assoluto di S_9 oppure, più direttamente, fare $\lambda = 7$ per $x = 9$ nella (P) e cambiare il segno; si ha così: $S_9 = 7999{,}60\ s_9$ Quindi:

$$(\text{max.} -)\ A_8 = -(5200 + 7999{,}6\ h_9) =$$

$$-(5200 + 4399{,}78) = -9599{,}78.$$

$$(\text{max.} +)\ A_8 = -1200 + 7999{,}6\ h_9 =$$

$$-1200 + 4399{,}78 = +3199{,}60$$

In modo analogo, si ha max. S_{10} corrispondente al carico del 9.° vertice facendo $x = 10$, $\lambda = 8$ nella (P) e cambiando il segno. Si ottiene $S_{10} = 14400\ s_{10}$. Quindi:

$$(\text{max.} -)\ A_9 = -(5200 + 14400\ h_{10}) =$$

$$-(5200 + 7200) = -12400.$$

$$(\text{max.} +)\ A_9 = -1200 + 14400\ h_{10} =$$

$$-1200 + 7200 = 6000.$$

L'asta mediana A_{10} è divisa in due distinte dalla cerniera: non essendovi saetta che faccia capo al loro vertice superiore, ciascuna parte dovrà reggere alla metà del carico corrispondente al vertice medio e quindi: A_{10} max. $= 2000 - 600 = -2600$.

Ci rimangono finalmente da trovare i massimi pel tronco dell'arco parabolico. Considerando il punto b della sezione x^{ma} fig. 14 e la saetta x^{ma} come tesa abbiamo:

$$T_x \operatorname{sen.} \beta_x + S_x \operatorname{sen.} \gamma_x = F_{x-1} \text{ quindi}$$

$$T_x = \left[F_{x-1} - S_x \operatorname{sen.} \gamma_x \right] \frac{1}{\operatorname{sen.} \beta_x}. \text{ Ma } T_x \operatorname{sen.} \beta_x = f_x - f_{x-1}$$

$$\text{sen. } \beta_x = \frac{f_x - f_{x-1}}{t_x} \quad \text{e} \quad f_x = \frac{4fx}{l^2}(l-x).$$

Quindi

$$\text{sen. } \beta_x = \frac{4f}{l^2 t_x}(l - 2x + 1).$$

Abbiamo pure:

$$\text{sne. } \gamma_x = \frac{h_x}{s_x} \quad \text{Quindi}$$

$$T_x = \frac{l^2 t_x}{4f(l-2x+1)}\left[F_{x-1} - S_x \frac{h_x}{s_x}\right] \qquad (S)$$

Per conoscere quale sia la disposizione del sovraccarico mobile che produca il massimo sforzo in ciascun tronco dell' arco, ci conviene ricercare ancora quale sia l'effetto prodotto da un' unica forza P su un tronco qualunque T_x come abbiamo fatto per gli altri membri. Per una forza unica è $F_0 = \frac{P(l-\lambda)}{l}$. Sia $\lambda > x - 1$ sarà pure $F_{x-1} = \frac{P(l-\lambda)}{l}$ e per questo medesimo caso abbiamo trovato (e)

$$S_x = \frac{P s_x}{l^2}\left[\left(l^2 - \lambda(3l-2x)\right)\left(\frac{x}{h_x} - \frac{x-1}{h_{x-1}}\right) + 2\lambda \frac{h_{x-1}}{h_x - 1}\right]$$

Sostituendo questi valori nella superiore si ha:

$$T_x = \frac{l^2 t_x}{4f(l-2x+1)}\left[\frac{P(l-\lambda)}{l} - \frac{P h_x}{l^2}\left(l^2 - (3l-2x)\lambda\right)\right.$$

$$\left.\left(\frac{x}{h_x} - \frac{x-1}{h_{x-1}}\right) + 2\lambda\frac{x-1}{h_{x-1}}\right]$$

Il valore di λ che rende $x = 0$ è

$$\lambda = l^2(x-1)\frac{h_{x-1} - h_x}{(3l-2x)(x h_{x-1} - (x-1)h_x - 2(x-1)h_x - l h_{x-1}}$$

Questa per

$$x = \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8 \quad 9 \quad 10 \quad \text{dà}$$

$$\lambda = \quad 0 \quad 1 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 7 \quad 8 \quad 9 \quad \text{a ciascuno dei}$$

quali numeri segue una frazione che abbiamo trascurata. Questi valori interi sostituiti per λ nell'equazione superiore coi corrispondenti di x danno tutti risultato negativo. Gli sforzi esercitati sui tronchi dell'arco sono dunque tutti d'una sola natura, cioè pressione, come infatti doveva essere; i valori superiori di λ fanno dunque conoscere direttamente quali sieno le ipotesi complementari che danno i massimi, che per altro sono in questo caso di pari segno: basterà caricare contemporaneamente tutti i vertici che si trovano a sinistra oppure tutti quelli che si trovano a destra del valore di λ. La formola generale (S) per $l = 20$. $f = 5.00$ diventa

$$T_x = \frac{20\, t_x}{21 - 2x} \left[F_{x-1} - S_x \frac{h_x}{s_x} \right]$$

e per calcolarne i valori particolari, converrà trovare separatamente F_{x-1} ed S_x. Epperò quando $\lambda > x$ rappresenta i vertici carichi si ha

$$F_{x-1} = \frac{p\,(l-1)}{2} + \frac{\lambda p'}{2\,l}(2\,l - \lambda - 1) - P\,(x-1)$$

che mediante opportune sostituzioni dà

$$F_{x-1} = 22800 + 100\,\lambda\,(39 - \lambda) - 6100\,(x - 1)$$

I valori di S_x si calcoleranno mediante la … sostituzione dà

$$S_x \frac{h_x}{s_x} = 5\,h_x \left(\frac{x}{h_x}\left[\lambda(800 - (\lambda + 1)(60 - \ldots \right. \right. \ldots)$$
$$\left. \frac{x-1}{h_{x-1}}\left[\lambda(800 - (\lambda + 1)(62 - \ldots \right. \right.$$

E pel calcolo delle ipotesi complementari quando $\lambda > x$ rappresenta i vertici scarichi, si ha

$$F_{x-1} = \frac{l-1}{2} p + \frac{l-\lambda}{2l} (l-\lambda-1) p' - p(x-1)$$

che diventa colle sostituzioni

$$F_{x-1} = 22800 + 100 (20-\lambda)(19-\lambda) - 2400 (x-1).$$

In allora pel calcolo di S_x serve la complementare della precedente, ossia la (N) che colle sostituzioni diventa

$$S_x \frac{h_x}{s_x} = 5 h_x \left\{ \begin{array}{l} \left(20(20-\lambda)(19-\lambda) + 2\lambda(\lambda+1)(20-x)\right) \\ \left(\frac{x\, h_{x-1}}{h_x} \frac{(x-1) h_x}{h_{x-1}}\right) + 2 \frac{\lambda(\lambda+1)(x-1)}{h_{x-1}} \\ -400\left(\frac{x(20-x)}{hx} - \frac{(x-1)(21-x)}{h_{x-1}}\right) \end{array} \right\}$$

Si hanno così i seguenti valori di T_x per le due ipotesi complementari.

$$\max T_1 = \left\{ \begin{array}{l} -52997{,}20 \\ -141312 \end{array} \right. \qquad \max T_2 = \left\{ \begin{array}{l} -51378{,}70 \\ -139810 \end{array} \right.$$

$$\max T_3 = \left\{ \begin{array}{l} -48723{,}80 \\ -139244 \end{array} \right. \qquad \max T_4 = \left\{ \begin{array}{l} -44780{,}15 \\ -140271{,}80 \end{array} \right.$$

$$\max T_5 = \left\{ \begin{array}{l} -39847{,}50 \\ -142621{,}90 \end{array} \right. \qquad \max T_6 = \left\{ \begin{array}{l} -3420135 \\ -146176{,}60 \end{array} \right.$$

$$\max T_7 = \left\{ \begin{array}{l} -28732{,}44 \\ -149907{,}55 \end{array} \right. \qquad \max T_8 = \left\{ \begin{array}{l} -24610{,}55 \\ -152753{,}85 \end{array} \right.$$

$$\max T_9 = \left\{ \begin{array}{l} -27213{,}75 \\ -149296{,}64 \end{array} \right. \qquad \max T_{10} = \left\{ \begin{array}{l} -48192 \\ -128212{,}20 \end{array} \right.$$

Questa per

$x =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	dà
$\lambda =$	0	1	3	4	5	6	7	7	8	9	a ciascuno dei

quali numeri segue una frazione che abbiamo trascurata. Questi valori interi sostituiti per λ nell'equazione superiore coi corrispondenti di x danno tutti risultato negativo. Gli sforzi esercitati sui tronchi dell' arco sono dunque tutti d'una sola natura, cioè pressione, come infatti doveva essere; i valori superiori di λ fanno dunque conoscere direttamente quali sieno le ipotesi complementari che danno i massimi, che per altro sono in questo caso di pari segno: basterà caricare contemporaneamente tutti i vertici che si trovano a sinistra oppure tutti quelli che si trovano a destra del valore di λ. La formola generale (S) per $l = 20$, $f = 5.00$ diventa

$$T_x = \frac{20\, t_x}{21 - 2\,x} \left[F_{x-1} - S_x \frac{h_x}{s_x}\right]$$

e per calcolarne i valori particolari, converrà trovare separatamente F_{x-1} ed S_x. Epperò quando $\lambda > x$ rappresenta i vertici carichi si ha

$$F_{x-1} = \frac{p\,(l-1)}{2} + \frac{\lambda p'}{2\,l}(2\,l - \lambda - 1) - P\,(x-1)$$

che mediante opportune sostituzioni dà

$$F_{x-1} = 22800 + 100\,\lambda\,(39 - \lambda) - 6400\,(x-1)$$

I valori di S_x si calcoleranno mediante la (M) che colla sostituzione dà

$$S_x \frac{h_x}{s_x} = 5\,h_x \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{x}{h_x}\Big[\lambda(800-(\lambda+1)(60-2x)) - 400(x-1)\Big] - \\ \dfrac{x-1}{h_{x-1}}\Big[\lambda(800-(\lambda+1)(62-2x)) - 400(x-2)\Big] \end{array} \right\}$$

E pel calcolo delle ipotesi complementari quando $\lambda > x$ rappresenta i vertici scarichi, si ha

$$F_{x-1} = \frac{l-1}{2} p + \frac{l-\lambda}{2l} (l-\lambda-1) p' - p(x-1)$$

che diventa colle sostituzioni

$$F_{x-1} = 22800 + 100 (20-\lambda)(19-\lambda) - 2400 (x-1).$$

In allora pel calcolo di S_x serve la complementare della precedente, ossia la (N) che colle sostituzioni diventa

$$S_x \frac{h_x}{s_x} = 5 \, h_x \left\{ \begin{array}{l} \Big(20(20-\lambda)(19-\lambda) + 2\lambda(\lambda+1)(20-x)\Big) \\ \left(\frac{x\, h_{x-1}}{h_x} - \frac{(x-1)h_x}{h_{x-1}}\right) + 2 \, \frac{\lambda(\lambda+1)(x-1)}{h_{x-1}} \\ -400\left(\frac{x(20-x)}{hx} - \frac{(x-1)(21-x)}{h_{x-1}}\right) \end{array} \right\}$$

Si hanno così i seguenti valori di T_x per le due ipotesi complementari.

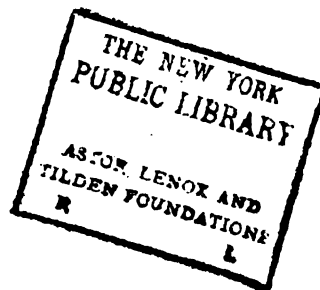
$$\max T_1 = \begin{cases} -52997,20 \\ -141312 \end{cases} \qquad \max T_2 = \begin{cases} -51378,70 \\ -139810 \end{cases}$$

$$\max T_3 = \begin{cases} -48723,80 \\ -139244 \end{cases} \qquad \max T_4 = \begin{cases} -44780,15 \\ -140271,80 \end{cases}$$

$$\max T_5 = \begin{cases} -39847,50 \\ -142621,90 \end{cases} \qquad \max T_6 = \begin{cases} -3420135 \\ -146176,60 \end{cases}$$

$$\max T_7 = \begin{cases} -28732,44 \\ -149907,55 \end{cases} \qquad \max T_8 = \begin{cases} -24610,55 \\ -152753.85 \end{cases}$$

$$\max T_9 = \begin{cases} -27213,75 \\ -149296,64 \end{cases} \qquad \max T_{10} = \begin{cases} -48192 \\ -128212,20 \end{cases}$$



DEI TERRENI PALEOZOICI

E SPECIALMENTE DEL TERRENO CARBONIFERO

nelle Alpi e in Italia. (1)

I.

Convinzioni maturate da lungo tempo, mi fanno considerare, geologicamente parlando, come *sistema alpino*, non solamente la catena sovrana d'Europa, ma tutte le parti più prominenti della Italia insulare e peninsulare, che si staccano, sia orograficamente,

---

(1) Il presente *articolo* offre semplicemente una serie di appunti, ordinati per una lezione agli allievi ingegneri del R. Istituto Tecnico superiore. Scopo di quella lèzione era di rimettere in campo una questione da lungo tempo abbandonata, forse perchè un tempo troppo appassionatamente discussa. La questione dell'esistenza e dello sviluppo de' terreni paleozoici nelle Alpi e in Italia, è questione d'ordine puramente scientifico; ma i suoi rapporti con altra questione importantissima, di ordine affatto industriale, sono troppo evidenti, per chi non sia affatto digiuno di geologia. Dimostrata una volta la non esistenza dei terreni paleozoici in una regione, avremmo sottratto il novantanove per cento alla probabilità della scoperta del carbon fossile. La questione, sotto questo punto di vista, non si troverà estrania a quella parte del *Politecnico* che mira singolarmente agli studî di applicazione. Sotto questo stesso punto di vista però, le deduzioni a cui miriamo, sono modestissime. Si risolvono a questo: che in Italia si devono ricominciare, e proseguire con ostinazione le indagini dei fossili combustibili. Siamo a un punto, in cui la scienza, del pari che l'industria, hanno bisogno di rifarsi daccapo. Se dovessimo alla fine rassegnarci al nulla, la nostra rassegnazione sarà razionale; non avente per base un errore scientifico; non imposta da autorità fallibili, per quanto rispettabili; non ignava e sterile, come il fatalismo turco. La peggior condizione per ottenere, é l'ammettere l'impossibilità di ottenere. Del resto che sappiam noi finora della natura del nostro suolo? Quante regioni delle Alpi, e degli Appennini, inesplorate! Il cercare non nuocerà certamente: per una cosa, che ci faccia difetto, ne troveremo cento che ci giovano. Ciò che non giova al certo, è lo starci colle mani alla cintola.

sia geologicamente, dal sistema dell'Appennino. Al *sistema alpino* appartengono, in questo senso, la Corsica, la Sardegna, l'isola d'Elba; le Alpi Apuane col Monte Pisano, il Monte Argentaro in Toscana; la Sicilia nord-est; la Calabria. La questione è troppo immatura, e tutta ancora nei confini dell'analisi.

Io la accenno unicamente, per giustificare il titolo del presente articolo, e sopratutto come premessa, per poter poi liberamente raggruppare, sotto lo stesso punto di vista, le regioni più disparate geograficamente, come formassero un solo sistema; isolandone invece altre, congiunte geograficamente colle prime, ma appartenenti ad altro sistema geologico, e che non hanno alcun rapporto colla questione di cui qui ci occupiamo. È nel sistema alpino soltanto, che noi possiamo cercare ragionevolmente: se esistano o meno i terreni paleozoici, e specialmente il terreno carbonifero.

La domanda potrà parer strana, forse-petulante a taluno, che sia al corrente degli studî più recenti, proseguiti con lodevole perseveranza sulle Alpi: alla maggioranza no. Pigliatevi i migliori trattati di geologia, ove parlano dei terreni paleozoici. La descrizione di questi terreni, che hanno un sì ampio sviluppo sul globo, che soli veramente costituiscono il *mondo antico*, in confronto di tutti gli altri più recenti (triasici, giuresi, cretacei, terziarî, posterziarî), che costituiscono il mondo moderno, la descrizione di que' terreni, dico, riempie la massima parte delle pagine consacrate alla geologia stratigrafica. Voi conoscerete appuntino, non solo di quante zone si componga la serie paleozoica d'Inghilterra, di Francia, di Russia; ma avrete i più minuti particolari sulla costituzione dei terreni paleozoici degli Stati Uniti, del Canadà, delle regioni artiche. Ma delle Alpi?... dell'Italia?... nulla, quasi letteralmente nulla. Forza è conchiudere che l'Italia e le Alpi siano straniere alle grandi epoche paleozoiche; che da epoca ben recente dati questo massimo sistema delle montagne d'Europa.

Così si credette, salvo eccezioni, per lungo tempo; e così si crede da taluno ancora al presente. Il fatto della mancanza del vero carbon fossile nelle Alpi e in Italia è, pur troppo, volgarmente noto, e ad esuberanza rimpianto. Il geologo, sollecitato a voler pure scoprire ciò che, forse, non si scoprirà mai, trovava facile il rispondere: che nelle Alpi e in Italia non si trova nemmeno il terreno carbonifero. Ridirvi le ragioni che, cancellando con un tratto di penna, dal sistema alpino, l'immensa serie dei terreni paleozoici, ritardarono di tanto i progressi dell'alpina

geologia, sarebbe cosa, forse del pari inutile, che ingrata e compromettente. Credo però indispensabile un cenno circa il fatto principale, che die' argomento di sì gravi querele, con sì poco frutto della scienza, ad onta dell'intromissione degli uomini più illustri e più benemeriti della scienza. Mi attengo alla particolareggiata descrizione che ne fa il signor Mortillet nella sua bell'opera *Géologie et minéralogie de la Savoie.*

In una valletta a 15 minuti dal villaggio di Petit-Coeur, presso Moutiers in Tarantasia (Savoja), si osserva alla base delle formazioni, una zona di steaschisti, i quali formano parte del sistema delle rocce cristalline, sviluppatissime nelle Alpi, e senza indizio di fossili. Questi steaschisti discordano, stratigraficamente, dagli strati sovrapposti, che concordano invece perfettamente fra loro, succedendosi, in serie ascendente, così:

1.° Strati di grès, schistoso e talcoso, grigio, composto di grani di quarzo e di feldspato, alternanti con straterelli di argilla schistosa, nera. Spessore, da 20 a 30 metri.

2.° Schisti calcareo-argillosi, ardesiaci, della potenza di 10 metri, ricchi di *Belemniti*, e crinoidi. Mortillet vi avrebbe distinto il *Belemnites acutus*, e un frammento di *Ammonites bisulcatus*. Due fossili liasici per eccellenza.

3.° Gli schisti descritti sembrano passare insensibilmente ad un'argilla schistosa, nerastra, dello spessore di 50 centimetri.

4.° Strato di argilla carboniosa, o di antracite di cattiva qualità; spessore, 60 centimetri.

5.° Schisti argillosi, micacei o talcosi, fissili, ricchissimi di impronte di vegetali, coperte di una vernice talcosa, di colore argentino. Quei vegetali appartengono la maggior parte alla famiglia delle felci, presentano molte specie, costituenti indubbiamente una flora carbonifera. 11 specie, su 17, furono riconosciute, dai più esimii paleofitologi, Brongnart, Heer, ecc., identiche a specie riconosciutissime, degli strati carboniferi delle più classiche località.

6.° Grès alternanti con argille, precisamente come al n. 1.

7.° Schisti ardesiaci, verde-azzurrastri, passanti a schisti calcarei con *Belemniti*.

Il complesso degli strati descritti è raddrizzato in guisa, da formare, coll'orizzonte, un angolo di 70.°

Eccoci dunque una *flora carbonifera*, chiusa fra due giacimenti a *fossili liasici* [1]. Il caso è certamente imbarazzante; e doveva sembrarlo ancora più circa 40 anni or sono (il caso fu fatto conoscere nel 1828 da E. de Beaumont), quando i geologi erano ancor nuovi a questo proteismo delle Alpi, e non avevano ancora registrato molti fatti consimili, che sembrano, ad ogni piè sospinto, voler dare una mentita ai veri statigrafici più inconcussi, dedotti dall'analisi dei cinque continenti. I geologi, più intenti a dar ragione di questa singolare anomalia, che allo studio della serie stratigrafica, quale si presenta nelle sterminate regioni delle Alpi, torcendo l'occhio dall'universo, per tenerlo fisso sopra un punto matematico della sua superficie, si dibatterono lunghi anni, divisi in due schiere. Fu un'Iliade interminabile, di cui fu pieno il mondo scientifico. Gli uni si ostinarono, a non vedere nel caso di Petit-Coeur, che uno dei mille disturbi della serie stratigrafica, i quali trovano così facile ragione nei contorcimenti prodotti, da una serie infinita di oscillazioni, a cui andarono soggette le formazioni più antiche, e che, più frequenti e più esagerate, si mostrano ne' grandi rilievi della superficie terrestre: gli altri vollero che, a dispetto della stratigrafia universale e della paleontologia, una flora, prettamente carbonifera, diventasse liasica ad ogni costo, perchè si trovasse meno a disagio colle Belemniti e cogli Ammoniti. Gaudry presentò, nel 1855, alla *Società geologica di Francia*, un riassunto di 83 memorie, dovute a 48 autori, che discussero, in un senso o nell'altro, il caso di Petit-Coeur. Ma infine prevalse nella maggioranza, più docile all'autorità che alla ragione, l'opinione, a cui si associavano i nomi più autorevoli: il *terreno carbonifero* fu depennato dalla lista dei terreni alpini.

Non vorrò certo perdere il tempo a discutere un fatto particolare, mentre altri mille ve ne sarebbero più istruttivi, e più interessanti. Aspettando che il problema si sciolga da chi vuole nel caso pratico, gioverà meglio per noi trattare la questione di massima; stabilire, cioè, i principii che possono condurre alla soluzione di questo, come di tutti i problemi consimili. Tutti i raziocinî, in simili casi, si possono compenetrare in un dilemma.

---

(1) Nessuno ignora, come la geologia moderna si basi, in gran parte, sulla legge della esclusività delle faune e delle flore; sul fatto, cioè, che gli animali e le piante fossili si dividono, in ordine al tempo, in un certo numero di gruppi, a ciascuno de' quali è assegnato un particolare orizzonte, nella serie degli strati.

Dato il caso che, strati con fossili di un' epoca, siano intercalati a strati con fossili di altr' epoca; bisogna ammettere: o che l'intercalamento è un puro disturbo stratigrafico, causato da forza meccanica: o che gli strati intercalati appartengano alla stessa epoca degli strati in cui sono intercalati. Bisogna ammettere quindi, o una ragione puramente stratigrafica, o una ragione puramente paleontologica: o gli strati di diverse epoche vennero a confondersi, per effetto delle oscillazioni del globo: o gli esseri organici identici prolungarono la loro esistenza in diverse epoche.

Il primo supposto non fa, che accennare ad un dei mille casi di rovesciamenti, di contorcimenti, ecc. riconosciuti le mille volte. Il secondo supposto si oppone alla universalità dei fatti; strappa le basi della geologia e della paleontologia: è un assurdo geologico. La cronologia del globo è basata sul fatto della esclusività delle faune, per ciascuna formazione, costituente la crosta del globo. Tutte le regioni della terra lo attestano, unanimamente, invariabilmente (1).

Mi domanderete come si dimostri la verità del primo supposto: ma in buona logica, provata l'assurdità di una parte del dilemma, bisogna ammettere l' altra come vera. Molte spiegazioni furono proposte nel caso pratico, ritenuto il disturbo stratigrafico. Sono spiegazioni più o meno soddisfacenti; ma può essere che non se ne trovi mai una, che lo sia assolutamente. Che importa? Se nel primo supposto abbiamo un caso inesplicato; nel secondo avremmo un caso inesplicabile. Il primo supposto ci obbligherà, nel caso pratico, a confessare una volta di più la nostra ignoranza: il secondo ci costringerebbe ad ammettere l'impossibile. Perchè non crediate che io mi faccia schermo semplicemente di formole scolastiche, badate ai seguenti riflessi.

1.° Come si spiegherebbe che quegli avvenimenti, i quali portarono l' estinzione delle antiche flore e delle antiche faune, in tutte le parti del globo, non abbiano avuto influenza sopra una area microscopica delle Alpi?

Non trattasi qui di epoche, che si succedano immediatamente. Comprendo, come alcune specie identiche abbiano persistito durante i due periodi *Carbonifero* e *Permiano*. Non comprenderei punto una flora copiosa, che ascenda intatta dal carbonifero al lias.

(1) La maggiore espansione di alcune specie, in confronto d'altre, nel senso verticale, non contraria il principio dell'*esclusività.* Ogni specie è racchiusa entro limiti assai angusti, relativamente alla immensa totalità delle formazioni sedimentari.

2.° Il caso di Petit-Coeur sarebbe molto imbarazzante, se presentasse una miscela di fossili carboniferi e liasici. Tutto invece si riduce ad una juxtaposizione di strati, diversi petrograficamente e stratigraficamente.

3.° La serie triasica, intermedia tra la paleozoica e la giurese, è sviluppatissima, anzi assai più completa che altrove, nelle Alpi. Ammesso che la flora carbonifera persistesse nelle Alpi fino all'epoca del lias: perchè non vi sarebbero nè piante carbonifere nel trias, nè piante triasiche nel lias?

4.° Dietro le più recenti indagini, gli schisti a flora carbonifera di Petit-Coeur godono di immensa estensione nelle Alpi; come d'immensa estensione godono gli schisti a Belemniti. Come mai in nessun altro luogo si presenta l'alternanza dei primi coi secondi?

Notate anche, come fu detto assai gratuitamente, che la flora carbonifera persistette fino all'epoca del lias. Potevasi asserire, con pari ragione, che i Belemniti e gli Ammoniti liasici, hanno preesistito nel periodo carbonifero. Contro questo supposto valgono, mutati i termini, gli stessi argomenti.

Del resto ormai la causa è vinta; e le querele, a cui diede luogo l'accidente stratigrafico di Petit-Coeur, sono ormai riposte, come si dice, nel dimenticatojo. L'esistenza del terreno carbonifero nelle Alpi è, sopra vasta estensione, sancita. Non resta che a scoprirlo, dove non è finora scoperto. Ve ne persuaderanno le pagine seguenti.

Se esiste il terreno carbonifero nelle Alpi, non vi esisteranno ugualmente i rappresentanti degli altri periodi paleozoici? Alla loro scoperta è in fatto rivolta la mente dei geologi alpini. Anche qui tuttavia occorrono più che mai alcune premesse, che riguardano la questione in massima. Altra cosa è il dire che non esiste un terreno: altra cosa il dire che il tal terreno non si distingue; altra cosa finalmente il dire che il tal terreno non è scoperto. I geologi devono essere assai scrupolosi in tali distinzioni: per isventura nol furono che troppo poco. Ordinariamente si suol dire che un terreno non esiste in una data regione, perchè non vi si scoprirono fossili caratteristici di esso terreno. Noi saremo più riservati. Se, nel corso delle indagini sopra una massa di terreni incompresi, non scopriamo dei fossili caratteristici di un dato terreno, ci limiteremo a dire che esso terreno non è scoperto. Era il caso delle Alpi per lunghi anni, e sarà ancora quello di molte regioni delle Alpi stesse, per lungo tempo. Se in una serie di terreni ben compresi scopriamo delle formazioni non fossilifere, chiuse

tra due formazioni fossilifere, di epoca ben definita, ma distanti fra loro nella serie cronologica; siamo certi, che i terreni interclusi rappresentano le epoche, che corsero tra le due riconosciute. Non potendo però, se non per mezzo dei fossili, precisare un terreno di un' epoca, di un periodo qualunque; diremo: che il tal terreno, il quale deve esistere nell' intervallo tra i due terreni determinati, non si distingue: è il caso appuuto delle Alpi in generale, per rapporto ai terreni paleozoici. Se troviamo finalmente due terreni, ben definiti, distanti fra loro nella serie cronologica, ma a mutuo contatto in una data località; allora soltanto diremo che il terreno o i terreni, che si formarono nell'intervallo tra i due d'epoca nota, non esistono. E' un caso, che, io credo, non si verifichi punto nelle Alpi, precisamente riguardo ai terreni più antichi.

Venendo infatti al concreto, io dimando: che dovevasi farne di quella zona immensa di terreni, che, prescindendo dalla pianura, rappresenta nelle Alpi, su versanti italiani, per lo meno il doppio d' estensione e di spessore di tutti i terreni finora determinati, dal *pliocene* all' *arienaria variegata?* Se si fosse trattato di formazioni non fossilifere, chiuse fra due orizzonti di epoca recente, quanto almeno lo è il trias; la cosa poteva rimanere molto dubbia. Ma una volta riconosciuti tutti i terreni, terziari, cretacei, giuresi, triasici; che altro più poteva rimanere sotto il trias, se non tutta la serie paleozoica? Fu in questo senso, che io trattai la questione fino dal 1857, ne' miei *Studî geologici e paleontologici sulla Lombardia,* benchè con nozioni molto incomplete. Le indagini perseveranti, eseguite nelle Alpi dai geologi di tutte le nazioni, in questi ultimi anni, non fecero che confermare il valore di una induzione, per altro semplicissima.

L'immensa serie di terreni, che sottostanno all'arienaria variegata nelle Alpi, rispondono infatti troppo bene, per lo spessore, e pei caratteri petrografici, all' ideale di quella serie immensa, che, divisa altrove da molteplici orizzonti paleontologici, rivelò il succedersi di tanti periodi d' animalizzazione e di rivoluzione tellurica. Quanto a' caratteri petrografici, ce ne persuaderemo in seguito, vedendo, come mano mano ci ritornino nelle Alpi quegli schisti ardesiaci, talcosi, micacei, que' grés e quelle puddinghe quarzose, quei calcari saccaroidi; quella miscela di rocce aggregate, cristalline, semicristalline; tutto quel complesso, che, in Europa, in America, nel mondo tutto, costituisce la forma dei terreni paleozoici. Quanto allo spessore, pochi sforzi si fecero per calcolarlo: ma io credo di dir piuttosto meno che più, assegnando

10000 metri di spessore alle rocce inferiori al trias, in cui è marcata l'indole detritica o sedimentare (d'ordinario calcari, schisti ardesiaci, grés e pudinghe), e 15,000 metri alle rocce cristalline stratificate (michaschisti, talcoschisti, schisti cloritici, amfibolici, gneiss, ecc.): in tutto 25,000 metri di formazioni, rispondenti alle epoche paleozoiche e azoiche. In America la serie paleozoica, compreso il Laurenziano (1), è di 26000 metri circa.

In fine le Alpi sono, come tutte le grandi regioni più rilevate del globo, segnalate dal grande sviluppo di terreni riferibili alle

---

(1) Pochi anni or sono, la serie dei terreni paleozoici, cioè dei terreni antichissimi, che sottostanno al *trias*, non comprendeva che i periodi Permiano, Carbonifero, Devoniano, Siluriano. Alla base del Siluriano soltanto ci conduce infatti il sistema di A. d'Orbigny, che figura tra i più recenti. Ma la scoperta di una serie di strati, dello spessore di circa 3000 metri, che sottostanno al Siluriano in Inghilterra, in Boemia, nella Svezia, nel Nord-America, acrebbe la serie paleozoica di un nuovo terreno, che si chiamò Cambriano. Col Cambriano finisce la seria paleozoica per i trattati geologici recentissimi di Lyell e di Dana. Era dunque inteso,che la vita venisse a sfumare verso le basi del Cambriano: i terreni più antichi del Cambriano, per la massima parte d'indole cristallina, appartenevano alla *serie azoica:* erano terreni formatisi assai prima che avesse principio l'animalizzazione del globo. Quest'epoca, che era corsa avanti l'apparizione sulla terra del primo vivente, era immensa. Infatti in America, e precisamente nel Canadà, distinguevansi ancora, sotto al *gruppo di Potsdam* (cioè sotto il Cambriano) due gruppi: l'*Huroniano* (dal lago d'Huron) massa di calcari, d'arenarie e di conglomerati, dello spessore di 5500 metri: il Laurenziano (dalla Contea di San Lorenzo) enorme massa di rocce schistose, cristalline, alternanti con calcari cristallini, ossia saccaroidi, dello spessore di 10000 metri. Or bene, nel fitto degli strati laurenziani, anzi a 8 o 10000 metri sotto il Potsdam, si scoperse, or son forse tre anni, l'*Eozoon canadense,* che sorgeva a dimostrare, allo sguardo attonito dei geologi, quanto rinculassero, in ordine al tempo, i limiti della animalizzazione. La distanza che separa questo primo vivente, da quelli che credevansi i primi rappresentanti dell'animalizzazione sulla terra, è quasi altrettanto di quella, che separa le antichissime faune paleozoiche, dalla fauna ora vivente. Veramente si può dire che la geologia ci rivela, in ordine al tempo, quella immensità, che l'astronomia, in ordine allo spazio!

L'*Eozoon canadense,* è un rizopodo, ossia una foraminifera gigantesca, presentando una massa polimorfa, del diametro di 30 centimetri, e uno spessore di 10 o 12 centimetri. Le *Nummuliti,* a cui si assomiglia lo *Eozoon* per la sua struttura, non sorpassano guari i 6 centimetri di diametro, e le altre foraminifore sono, per lo più, specie quasi microscopiche.

Nelle mie *Note ad un corso di geologia per suo degli ingegneri allievi del R. Istituto tecnico superiore di Milano,* aggiungo il *Laurenziano* alla serie dei terreni paleozoici, suddividendolo in due zone: l'*Huroniano* e il *Laurenziano* propriamente detto.

epoche antichissime del globo, e dalla graduale fusione delle rocce di pretta indole sedimentare, con rocce d'indole cristalline. Due orizzonti paleontologici si fissarono già con tutta certezza nel sistema alpino: il Carbonifero nelle Alpi: il Carbonifero e il Siluriano nelle regioni insulari e centrali d'Italia. Sopra dati riflessibili poi già si indicano il Permiano e il Devoniano. Ce ne resta ad esuberanza per collocarvi il Cambriano, il Laurenziano, l'Azoico. Veniamo ai fatti, passando in rassegna le diverse regioni alpine, in cui furono più o meno studiate le tracce delle epoche primitive.

II.

Ci arrestiamo primieramente al classico gruppo delle Alpi della Svizzera, del Piemonte e della Savoja, ove, sotto il nome litologico di *terreno antracitifero*, si nascose lungo tempo il *terreno carbonifero*, avente tale sviluppo, tale estensione, e tanta ricchezza di flora fossile e di carbone, da non aver nulla da invidiare alle più classiche regioni, salvo la *qualità* del combustibile.

Il gruppo antracitifero, in quell'immenso tratto delle Alpi, che, secondo Heer (*Urwelt der Schweiz*), ha uno spessore complessivo di 6000 a 7000 piedi: presenta la fisonomia litologica della *formazione carbonifera* di tutte le regioni del globo. Consta essenzialmente di grès, puddinghe, schisti argillosi, micacei, talcosi, di filladi, ecc. Secondo Favre (*Explication de la Carte géologique du Mont Blanc*) nella parte inferiore, almeno nel gruppo del Monte Bianco, predominano le puddinghe (puddinga di Vallorsina) sopra le quali si adagiano gli schisti argillosi, contenenti i resti di una copiosa flora carbonifera. I grès tuttavia sembrano, d'ordinario, prevalere, principalmente nelle grandi masse carbonifere della Tarantasia, e delle Alpi del Piemonte.

Alle impronte ben conservate de' vegetali carboniferi, si associano numerosissimi giacimenti di antracite. Questo combustibile non è in fine che il carbon fossile, ridotto al suo estremo stato di magrezza, cioè estremamente emunto di principii volatili, atti a produrre la fiamma (1). Possiamo dolerci, ma non meravigliarci di

(1) Che l'antracite non rappresenti altro che uno stadio di degradazione del carbon fossile, anzi, che tutti i fossili combustibili non rappresentino che altrettanti stadî di degradazione, o di trasformazione dei vegetali, ossia del legno, è un fatto che risulta dal complesso delle

ciò, mentre le più classiche località carbonifere mostrano dei letti ridotti a vera àntracite. È celebre, sotto questo rapporto, il bacino di Charleroi (1). La generale trasformazione del litantrace in antracite nelle regioni delle Alpi, è un fatto di cui deve occuparsi la *geologia chimica*, non la stratigrafia. Anzi spesso, nelle Alpi, in luogo dell'antracite, troviamo la grafite, ultima degradazione del litantrace (P. p. §§ 441, 442). Tuttavia alla grafite si associano ancora, per esempio a Briançon, le impronte de' vegetali carboniferi. Mortillet, riferendo questo fatto (*Géologie de la Savoie*, ecc.), aggiunge, come la grafite riveli il terreno carbonifero fin entro la massa cristal.ina del Monte Bianco, all' elevazione di 3,400 metri·

Volendo conoscere meglio le particolarità di quella zona immensa, quali si manifestano nelle diverse regioni, seguiremo dapprima le tracce di Heer, che nella sua opera (*Urwelt der Schweiz*) riassume quanto di meglio fu scritto in proposito dai diversi autori.

---

analisi geologiche, paleontologiche, chimiche. I chimici più eminenti si occuparono assai del fenomeno della carbonizzazione, specialmente Goeppert, Regnault, Fremy, Pelonze, Violette. I processi della semplice carbonizzazione, per semplice combustione, della fermentazione e della distillazione furono ugualmente impiegati. I risultati furono identici. Il legno si carbonizza, colla perdita successiva, assoluta e relativa, in proporzioni varie, secondo l'intensità e la durata del processo, delle sostanze volatili, e coll' aumento relativo, ossia proporzionale, del carbonio, in guisa che l'ultimo residuo è puro carbonio. La torba, la lignite, il carbon fossile, l'antracite, e la grafite, con tutte le loro varietà innumerevoli, trovano ciascuno il loro corrispondente in alcuno dei punti della graduale trasformazione del legno, combusto o distillato. La serie delle esperienze, in rapporto coi dati geologici e mineralogici offerti dai combustibili fossili, fu da me riassunta nelle *Note ad un corso annuale di geologia*. Anzi la distinzione delle varie specie di combustibili fossili, è piuttosto empirica, che razionale. La lignite si fonde, per una serie di infinite transizioni, col carbon fossile; e questo coll'antracite. Possiam quindi già dire che il *carbon fossile* nelle Alpi esiste, abbondantissimo; ma ha subìto un grado di trasformazione maggiore, che altrove.

(1) Il bacino carbonifero di Charleroi, stando ai particolari forniti da Burat, offre almeno 80 letti di combustibile, meritevoli di scavo. I letti inferiori, i quali si scoprono verso Hamur, possono bene assimilarsi all' antracite, tanta è la loro magrezza. Mano mano però, che ci alziamo nella serie geologica, il carbon fossile si arricchisce di elementi gazosi, diventa più combustibile, crepita meno; la fiamma è più splendida, e al cessare di questa, il carbone continua ad ardere a guisa di coke. È questo uno dei mille esempi, coi quali si può dimostrare, come l' antichità e la profondità dei depositi sia da annoverasi tra le circostanze più efficaci della trasformazione; come cioè, a pari condizioni, la trasformazione, quindi la povertà e la magrezza del combustabile, sono in ragione diretta della sua antichità, o profondità, nella serie geologica.

La regione carbonifera, di cui primamente ci occupiamo, si distende adunque, come accennammo, sopra una vasta estensione, nelle montagne sulla sinistra del Rodano, e, dopo essersi dilatata nelle Alpi della Savoja e del Piemonte, si spinge fin nelle Alpi del Delfinato.

I pezzi più antichi nelle Alpi Svizzere, dice Heer, sono le due colossali piramidi nel gruppo del Vallese, il Dent de Morcle e il Dent du Midi. Le loro falde constano di rocce carbonifere. Vi si distinguono due località, note già da da lungo tempo come fossilifere: l' una presso Weiler di Erbignon; l' altra è sul lato sud del Dent du Morcle, nell' Oltre-Rodano. In un' arenaria dura, si scoprono copiose impronte di piante carbonifere. La sostanza vegetale vi è sostituita dal talco, bianco-gialliccio, argentino. Tale sostituzione, che io credo non ancora spiegata, si verifica anche in altre località della Svizzera e della Savoja. Sul fondo nero delle arenarie o degli schisti, le felci carbonifere si disegnano con tutte le loro più squisite particolarità, quasi miniate con vernice argentina, da valente pennello. Ho detto: sul fondo degli schisti; perchè infatti è questa la forma ordinaria delle rocce carbonifere nella Svizzera e nella Savoja, ecc. Tali schisti, sono ricchi di filliti a Vernayaz, presso la celebre cascata di Pisevache; al Col de Balme, nella Vallorsina, e più oltre verso sud, a N. O. del villaggio di Tour, nelle Posettes.

Altre località, ricche di piante carbonifere si incontrano, seguendo il corso dell'Arve, come al Mont-du-fer, sul pendio O. de Brevent, presso Servoz; sulla sponda sinistra del Dioze, ed anche sulla destra presso Moide; più lungi a Taninge, nella valle del Giffre, confluente dell'Arve.

Altre località si allineano lungo l'Isère, cioè Colombe an Epulan (valle di Hauteluce); il fianco S. del Monte Joli, presso la Mure; e il famoso Petit-Coeur, presso Moutiers. Le indicate località sono tutte comprese in quella zona vastissima che, dall'alto Vallese (potrebbe dirsi: dalle sorgenti dell'Adda e del Reno), si spinge, attraverso la Savoja, fin nel Delfinato, immensamente dilatandosi verso S. E., in guisa da occupare le Alpi del Piemonte, gettandosi sui versanti italiani.

Su tutto questo tratto le montagne sono quasi letteralmente formate di terreno carbonifero, frastagliato soltanto, o dai terreni cristallini, che affiorano per dissotto, o da scarsi brani di terreni più recenti, che lo incrostano al disopra; salvo però una gran zona di terreni triasici e giuresi, che divide il gruppo nel Monte Bianco, colla sua parte di zona carbonifera, dal gran gruppo

orientale del Vallese e della Savoja e del Piemonte, ove la zona carbonifera raggiunge la sua massima espansione.

Oltre le citate località, molte altre, sulla sinistra del Rodano, sono segnalate, o per le impronte di piante carbonifere, o per la presenza di letti d'antracite che, nelle Alpi, sono letteralmente sostituiti ai letti di litantrace delle altre regioni carbonifere del globo. Noti come antracitifori sono le miniere di Etablon; Tennen, presso Turtmann; Rechy; Brancois, presso Sion; Chandoline; Baar, tra Aproze e Rendaz; Aproze, Haute-Rendaz, Iserable, Laos (Entremont), Mont de Planard, miniere di Chaudagne e di Commère (Liddes), Col de Fenètre. Lo scavo dell'antracite si è attivato in alcune delle località citate, pel ricavo complessivo di 60000 quintali (Zentner), al prezzo di 1 franco a 1,20 ciascuno. Le tracce del carbonifero, dice Heer, sono del resto scarse nelle altre parti della Svizzera. Sulla linea delle Alpi però, gli schisti antracitifori scopronsi ancora verso oriente, nello Steiermark e sullo Stangalp, coll'indentica flora carbonifera del Vallese.

Volendo conoscere meglio i particolari del terreno carbonifero della Savoja, bisogna ricorrere al signor G. Mortillet, che si occupò con tanto esito della geologia della Savoja, e delle questioni circa il terreno antracitifero delle Alpi.

La zona carbonifera, come ce la descrive, partendo dalle frontiere della Francia, attraversa successivamente la valle dell'Are, tra Saint-Michel e Modane; quella del Duron, tra Brides e Pralogna; quella dell'Isère, tra Aime e Tignes, e penetra in Piemonte.

Questa zona è ricchissima di antracite, che vi è scavata in molte località: Valloires, les Encombres, Saint-Martin de Belleville, les Allues, Brides, Montagny, Bozel, Longefoy, Aime, Macot, les Chapelles, Pesez, Bourg-Saint-Maurice, piccolo San Bernardo, Saint-Foy, ecc. I letti d'antracite trovansi negli schisti neri, a volta a volta ricchi d'impronte; ma la forma dominante del terreno carbonifero è il grès.

Sarebbe interessantissimo per noi l'avere notizie più particolarizzate, specialmente circa i versanti italiani delle Alpi. Difatti i signori Lory e Vallet lavorano da lungo tempo ad una carta geologica della Savoja, che dovrà, ritengo, comprendere anche le regioni del Piccolo e del Gran San Bernardo, e parte almeno della Valle d'Aosta. Anzi essa carta fu dagli autori presentata alla *Società Geologica di Francia* nella seduta del 9 Aprile, 1866. Non la credo ancor pubblicata. La *Nota* però, con cui il sig. Lory la accompagnava, inserita negli *Atti*, promette assai.

Anche l'ingegnere Gerlach delineò, a larga scala, la carta geolo-

gica dei versanti italiani, specialmente di quelli che fiancheggiano la Valle d'Aosta. Giova quindi sperare, che sarà presto arricchita la scienza di così importanti documenti, i quali varranno assai a trarre la geologia alpina da quello stato d' infanzia, in cui venne trattenuta per sì lungo tempo. Eccovi intanto alcune notizie, di cui vado debitore alle gentili verbali communicazioni dell' ingegnere Axerio.

Il terreno antracitifero è sviluppatissimo sui fianchi del Piccolo e del Gran S. Bernardo, verso la Valle d'Aosta. I giacimenti di antracite vi esistono numerosi e ricchissimi: le località più note, per lo sviluppo di tali depositi, sono la Thuile e Morgex.

La formazione carbonifera vi si presenta in generale, come in Tarantasia, sotto forma di schisti neri, talcosi, e di filladi. L'ingegnere Axerio vi contò almeno sei letti di antracite, dello spessore di 1 a 3 metri, e potè seguirli sopra un'estensione di circa 20 chilometri. L'antracite è magra estremamente: la migliore lascia un residuo del 33 per 100 di ceneri argillose; in media del 30 per 100. Vi si abbrucia per usi domestici, e per cuocervi la calce. Superiormente agli schisti antracitiferi abbondano i ferri ocracei e i gessi. Questi ultimi, così sviluppati in seno alla zona trasica delle Alpi di Savoja, accennano alla presenza del trias, incombente, come di buona ragione, al terreno carbonifero.

La *Nota* citata del signor Lory, ci metterebbe in grado di aggiungere molti altri particolari, che interessano sommamente la geologia alpina, ma che, per essere intelligibili, ci obbligherebbero ad entrare in una folla di questioni e di particolari. Risulta ad ogni modo, che la zona carbonifera è sviluppatissima, rappresentata, in genere, dal grès antracitifero. La grande catena, che comprende il Piccolo e il Gran San Bernardo, le montagne della Valle d'Aosta, dell'alta Savoja, e si spinge da Sion fino a Briançon, ne è quasi per intero costituita. Su tutta questa linea gli strati del trias si applicano irregolarmente contro il grès antracitifero. Il grès ad antracite vi presenta uno spessore di più migliaia di metri. Nella gola dell'Are, tra Saint-Michel e Modane, gli strati carboniferi si elevano all'altezza di 2000 a 2500 metri, sul pelo del fiume. I letti di antracite vi sono numerosi, ma in media non passano 1 metro di spessore, salvo in alcune località, ove si notano de' rigonfiamenti; come in altri si indicano delle strozzature. Tutto concorre infine a darci un'idea imponente dello sviluppo di quel terreno, il quale testè, relegato dalla scienza fuori dei limiti delle Alpi, viene dalla scienza ricondotto ad uno dei suoi più ampi domini, e si mostra sovrano del massimo rilievo

d' Europa. Nelle regioni carbonifere più orientali, descritte più particolarmente da Lory, si scoprono di rado le impronte dei vegetali, e i fossili riduconsi, per lo più, a tronchi di *Sigillaria*, di *Lepidodendron*, e di *Calamites*. (1) Ricche d'una flora stupenda sono, invece, come vedemmo, le regioni più occidentali della Svizzera e della Savoja.

Anche sulla regione delle Alpi cresceva vigorosa questa flora, universale per eccellenza, che possedeva del pari le lungitudini, che le latitudini più disparate del globo. Heer vi riconobbe **60** specie di vegetali. Di queste **46** furono già offerte dalle diverse località carbonifere dell'Europa e dell'America; **26** specie sono communi al Nord-America e alle Alpi! Predominano nella flora alpina le felci; ma non mancano la *Sigillaria* e i *Lepidodendron*, di cui Heer anatomizza i frutti e le spore, le *Calamites*, ecc. Eccovi, infine, nella seguente lista, un saggio di quella flora:

Sigillaria Dournaisii Br.	Neuropteris Leberti Hr.
Lepidodendron Veltheimianum Strn.	» Loshii Br.
Lycopodites falcifolius Hr.	Cyclopteris auriculato
Calamites Cistii Br.	» lacerata Hr.
Annularia brevifolia Br.	Odontopteris Bradii Br.
» longifolia Br.	» minor Strnb.
Sphenophyllum Schlotheimii	Pecopteris cyathea Schl.
Sphenopteris tridactylites Br.	» arborescens Schl.
» irregularis Strnb	» lamuriana Hr.
» acutiloba Strnb..	» muricata Br.
Neuropteris flescuosa Strnb.	Antholithes Favrei Hr.
» gigantea Strnb.	Rhabdocarpos candollianus Hr.
	Cordaites borassifolia Strnb.

Dacchè a sì chiare note, e con sì ampio sviluppo, è sancita la esistenza del *terreno carbonifero* nelle Alpi, ne sarebbero esclusi i rappresentanti degli altri periodi paleozoici? Io nol credo punto. Heer intanto ritiene rappresentato il Permiano nella Svizzera, dalla Sernifite, che gode di uno sviluppo tutto parziale nel Cantone di Glarus. È un' arenaria rossa, sviluppatissima nella Valle di Sernf

(1) Le Sigillarie, crittogame d'alto fusto, sono eminentemente caratteristiche del terreno carbonifero, e costituiscono in gran parte i letti di carbon fossile. Erano munite di foglie lineari, quasi filiformi, in serie lineari, parallele, regolarissime, disegnate sui tronchi fossili dalle cicatrici, quasi da altrettante di suggelli. Lo stesso si può dire dei Lepidodendron.

(Sernfthal, O. di Glarus) che passa al conglomerato (Sernfconglomerat), contenendo quarzo, gneiss, schisti argillosi, porfidi, ecc. Questa formazione costituisce i colossi alpini di quella regione, come il Kärps, l'Haustock, elevati, l'uno 8613, l' altro 9715 piedi sul livello del mare. Si rassomiglia molto, dice Heer, al famoso Rothliegendes di Turingia e Sassonia, formazione associata, agli strati cuprei (Kupferschiefer) (1). Anche nel Cantone di Glarus furono coltivate, a grande scala, le miniere di pirite cuprea (solfuro di rame). I grandi giacimenti di rame, aggiunge Heer, caratterizzano il Permiano in tutta Europa, e fino nel Nord-America (*Urwelt der Schweiz*, pag. 35).

Del resto, il complesso delle formazioni alpine, corrisponde così bene al complesso delle formazioni, in cui si potè già altrove leggere la storia delle epoche primissime; che io non dubito punto di affermare: che la regione delle Alpi era anch'essa sommersa nei periodi Laurenziano, Cambriano, Siluriano, Devoniano; e che uno studio perseverante ci rivelerà, ad uno ad uno, gli equivalenti di quei depositi antichissimi. Intanto i geologi alpini non fanno che segnalare, in massa, una zona di terreni cristallini stratificati, nella quale comprendono tutti i terreni (e sono masse sterminate), che stanno tra gli strati riconosciuti come *carboniferi* e le rocce massicce, le quali, in tutte le regioni del globo, costituiscono la vera base delle formazioni.

Ma lo stesso Favre, delineando la *Carta geologica del gruppo del Monte Bianco*, si trova imbarazzato nel segnare i confini tra il *terreno carbonifero* e gli *schisti cristallini*. Nell'uno e nell' altro gruppo vi sono rocce che si assomigliano, e l'ordine di sovrapposizione non è sempre distinto. Intanto nota egli stesso la presenza della grafite, in schisti talcosi, o cloritici, come indizio di organismo e di vita, e si sente condotto a classare, tra le formazioni paleozoiche, gli schisti cristallini del Monte Bianco, di Beaufort, ecc., nei quali riconosce una *grande somiglianza coi terreni determinati come siluriani in Inghilterra e altrove*. Quel complesso di schisti passa poi insensibilmente a rocce più cristalline, del tipo svariatissimo de' gneiss (*Explication de la Carte géologique, ecc.*, pag. 32). I gneiss si appoggiano all'enorme massa

(1) Il *Rothliegendes* dei tedeschi, e, più completamente il *Roth-todt-liegendes* (giacimento-rosso-morto) è un gran deposito di grès rosso e di conglomerato, sottoposto ai famosi strati cupriferi di Mansfeld in Turingia. L'epiteto di morto a quel giacimento fu dato dai minatori, i quali veggono sparire, morire il minerale, appena si incontri il *Rothliegendes*.

di *Protogino*, (1) ove, in luogo di una eruzione primissima, vorrebbesi ora riconoscere un sedimento primitivo. Graniti, dioriti, serpetini, porfidi, rocce emersorie o granitiche di ogni specie, fanno capolino da ogni parte, sotto quella massa sconfinata di strati sedimentari, subcristallini, o cristallini, più antichi del trias, che, propriamente parlando, costituiscono la più grande catena di Europa.

III.

Dopo aver tolto quella specie di antico veto, che escludeva il *terreno carbonifero* delle Alpi, vi nascerà forse il desiderio di sapere, se lo si può levare ugualmente alle nostre industrie, dannate a servirsi di combustibili stranieri. Avete già sentito come i letti di combustibile nelle Alpi, abbiano sofferto, finora senza eccezione, un grado di trasformazione più profondo, che altrove; e come tutti siano conversi in antracite, quando nol siano in grafite. Parmi tuttavia sia tempo di richiamar l'attenzione anche sopra quei giacimenti, finora trascurati, anzi, dai più, ignorati. Un qualche cosa, ad ogni modo, sarà meglio del niente. Se l'antracite non dà luce, arde però e cuoce: è un combustibile (2). Anche dalla torba, spregiata, ignorata per tanto tempo in Italia, non trasse l'italiana industria insperati vantaggi? Gioveranno ad ogni modo le seguenti notizie, che io traggo dalla già citata *Géologie et Minéralogie de la Savoie* del signor Mortillet.

L'antracite è, quanto si può dire, abbondante nella Savoia. Mortillet nomina 70 località della Savoja propriamente detta, della Moriana, della Tarantasia, e del Faucigny, ove si scoprono letti di antracite. Nel 1850 però, in tredici località soltanto erano attivati degli scavi regolari, il cui prodotto complessivo era, per quell'anno, di 1,333,600 chilogrammi. In altre località l'antracite era tuttavia scavata, per usi locali. La composizione di quel combustibile varia, secondo le località, dando da circa 11 a 34 per 100 di ceneri e da 60 a 83 per 100 di carbone. In genere si

(1) Granito in cui il talco si sostituisce al mica, come terzo degli ingredienti dei graniti. È sviluppatissimo nelle Alpi, e specialmente nel gruppo del Monte Bianco.

(2) Le antraciti hanno, sopra tutti i combustibili fossili, il doppio vantaggio di mantenere più a lungo il fuoco, e di possedere il più grande potere calorifero.

può dire priva di materie volatili. Quella di Bozet, in Tarantasia, offrì tuttavia il 7, 25 per 100.

S' è già detto come i letti d'antracite, più meritevoli di considerazione, non presentino d'ordinario che uno spessore di 1 a 3 metri. Tuttavia Lelivec fa menzione di strati a Montagny, presso Moutiers, della potenza di 7 a 8 metri; e il signor Mortillet dichiara di aver constatato, nella miniera d'antracite di Champ-Dernier, alla Perriére presso Moutiers, uno spessore di 12 metri e qualità eccellente. Con ciò intendo rettificare, o almeno ridurre nei giusti termini, quanto ho detto altra volta ([1]) sulla cattiva qualità e sul poco sviluppo dell'antracite delle Alpi.

L'uso di quel combustibile è, si può dire, ristretto alle singole località, dove sono aperti gli scavi. Serve al riscaldamento delle case, alla riduzione del piombo, alla evaporazione delle saline, alla cottura della calce e del gesso, e si adopera anche alla riduzione del ferro nelle officine.

Parmi che tali notizie meritino tutta la vostra attenzione. Parlammo della Savoja, perchè di quelle località soltanto abbiamo notizie alquanto particolareggiate: ma, se qualche profittevole conseguenza se ne può dedurre, vale anche per le località, poste sui versanti italiani, ove l'antracite è del pari, e forse più ancora abbondante. Credo quindi profittevole il tradurvi letteralmente alcuni periodi del signor Mortillet, che riflettono la possibilità di giovarsi, un po' meglio che non siasi fatto finora, dei vantaggi, da noi troppo spesso ignorati, che possiamo cavare dal nostro suolo.

« La difficoltà del trasporto, da una parte, e la natura del combustibile, dall'altra, hanno arrestato lo sviluppo dell' estrazione dell'antracite. Ma, siccome il combustibile va divenendo di giorno in giorno più scarso e più caro, è a presumersi, che l'antracite sarà ben presto chiamata a rappresentare la sua parte nell'economia domestica, e nell' industria. Le ferrovie ne faciliteranno lo smercio ».

« L'impiego dell'antracite, negli usi domestici, è vantaggiosissimo. Tale impiego si generalizzerà certamente. Ho visto all' albergo Reale di Lanslebourg una cucina, stabilita da Milhomme, pel servizio dell'albergo, che funzionava assai bene, senza alcun odore, e con molta economia. »

« Al seminario di Grenoble si fa la cucina per 200 persone,

(1) *Note ad un corso annuale di geologia*, Parte II^{a}., § 46.

col consumo quotidiano di 55 chilogrammi di antracite, e colle spese tutt' al più di franchi 1, 80 al giorno. »

« L'antracite di Savoia è, per isventura, assai fragile, e presto si sbricciola. Ecco l' ostacolo principale al suo smercio, ed al generalizzarsene l' impiego. Ricerche intelligenti, dirette a cementarne i frantumi, e a fabbricarne solide formelle, lasciano sperare, che si sarà presto rimediato perfettamente all'inconveniente notato. Si potrà forse, per mezzo di quegli agglomerati, impiegare le antraciti al riscaldamento delle locomotive; ciò che non si ottenne finora, ad onta di numerosi esperimenti (*Géol. et Minér. de la Savoie;* 4.e Part., pag. 23). »

Dopo questa diversione, fatta unicamente per rispondere, come meglio si potesse, alle esigenze dell' industria, la scienza ci riconduce sulle tracce de' terreni paleozoici, nelle regioni più centrali delle Alpi.

IV.

La forma degli schisti neri, argillosi e talcosi, a impronte di piante carbonifere, o scompare, o si mostra sotto altre forme, a partire dalle località del Vallese, citate da Heer. Dove precisamente svanisca, verso N.O., questa forma, che si può dire, litologicamente e paleontologicamente, tipica, nol saprei; nè altri facilmente ve lo potrebbe indicare. È un fatto però, che nel grande gruppo più centrale delle Alpi, al luogo degli schisti neri e dei grés antracitiferi, stanno altre rocce, di varia natura, le quali però, in genere, mantengono ancora la fisonomia paleozoica, con predominio di quella forma subcristallina, che caratterizza altrove più particolarmente, gli antichissimi terreni, siluriano, cambriano, laurenziano. Nel gruppo centrale delle Alpi, intendo di comprendere nominatamente il gruppo del San Gottardo, del Lukmanier, dello Spluga, dell'Engadina, dello Stelvio, in genere la gran regione montuosa de' Grigioni, coi rispettivi versanti italiani, specialmente la grande catena sulla linea Nord della Valtellina. La recentissima opera di Theobald (*Geologische Beschreibung von Graubunden*), la quale accompagna i fogli della gran carta geologica della Svizzera (che si pubblica a spese della *Società elvetica di scienze naturali* e del Governo), comprendenti il cantone de' Grigioni co' suoi dintorni, non lascia nulla a desiderare circa

l'analisi dei terreni, riconosciuti d'epoca paleozoica. Mi attengo a questo importantissimo documento, con tanta maggior fede, in quanto posso dirmi famigliare io stesso a buona parte delle descritte località.

Nel gruppo centrale delle Alpi abbiamo il vantaggio (assai apprezzabile in una regione così accidentata e così deserta di fossili), di un orizzonte quasi costante e sicuro. Sono ancora le rocce già da noi ascritte al trias inferiore, cioè alle *arenarie variegate:* sono cioè le solite arenarie, e puddinghe rosse, talvolta sostituite da sole quarziti. È meraviglioso a vedersi, sui fogli pubblicati da Theobald, come questo orizzonte si svolge, con sicuri serpeggiamenti, entro gli infiniti labirinti delle masse alpine. Fra questa zona triasica, e la zona enorme dei micaschisti, dei gneiss, dei veri terreni cristallini in genere, si insinua un' altra zona, la cui fisonomia subcristallina, proteiforme, non lascia di mostrare dei lineamenti, abbastanza costanti, all' occhio esercitato del geologo. Dal Passo di Casanna (*Casanna-Pass* nell'Engadina), ove la zona accennata è marcatissima, Theobald le diede il nome di *Schisti di Casanna* (*Casanna-Schiefer*). Da quel punto, dice Theobald, gli *schisti di Casanna* si spingono ad est, verso la Valtellina, dilatandosi ad ovest, nell' Engandina. Del resto, mostransi ovunque nelle Alpi Grigione, sempre medii, tra i veri terreni cristallini, e le forme di pretto sedimento.

La fisonomia di quegli schisti è, come dissimo, varia assai: anzi non si può dire nemmeno ben delimitata la zona, che essi costituiscono. Più cristallini, d' ordinario, verso la base, e meno verso la sommità, si fondono del pari, e cogli schisti cristallini, che li sopportano, e colle arenarie variegate che li coprono. Confesso il vero, che, per lungo tempo, non seppi punto distinguere questa zona superiore dalla inferiore, assolutamente cristallina. Anche al presente mi troverei in grave impiccio, se volessi definire quei caratteri, che si direbbero semplicemente fisionomici, quelle gradazioni insensibili, quella miscela di tipi, che caratterizzano la zona in discorso. Più di tutto però vale il fatto della esistenza di essa zona, che si individualizza nella serie, e che, salvo qualche incertezza di confini, si può descrivere e delineare sulla carta.

Theobald la descrive difatti assai bene, qual' essa si presenta ordinariamente.

La parte superiore degli *schisti di Casanna*, dove passano alle *arenaire variegate*, consta di schisti micacei, per lo più rossobruni, o giallastri, più o meno prossimi ai micoschisti, ai talco-

schisti, agli schisti argillosi. Più basso, gli schisti si fanno, di solito, nerastri, grigi; talora morbidi al tatto, e quindi d' indole talcosa; talvolta aspri, e quindi d' indole quarzosa. Più basso ancora, abbiamo degli schisti micacei, morbidi al tatto, di color plumbeo, composti, quasi interamente, di lamelle di mica. La superficie degli strati copresi sovente quasi d' una vernice di antracite e di grafite. La parte più bassa, finalmente, è, quanto si può dire, polimorfa: quarziti, e schisti, talcosi, bianco-verdicci: micaschisti multiformi: schisti cloritici: schisti, quasi schisti amfibolici: schisti, quasi gneiss: e così via, via, fino a confondersi coi veri gneiss. Non mancano nemmeno, di tanto in tanto, gli schisti neri argillosi, o forme somiglianti, che richiamano gli schisti antracitiferi dei gruppi alpini più occidentali.

Certamente, sotto questa maschera di metamorfismo, si celano, il terreno Carbonifero non solo, ma i paleozoici più antichi; rimanendo ancor tutta la zona dei terreni cristallini stratificati, a rappresentare meglio, nel caso, il Cambriano e il Laurenziano. I fossili, dice Theobald, non mancano; ma, per isventura, sono indeterminabili. Gli spessi intercalamenti di grafite, sono tali però da rivelare, a preferenza, il periodo carbonifero. Aggiungi i calcari saccaroidi, purissimi, che vengono sì spesso a rompere la monotonia di quella immensa massa schistosa. Nei dintorni di Bormio, e precisamente nel fitto della zona degli *schisti di Casanna*, i calcari saccaroidi, bianchi o venati, in banchi regolari, assai potenti, alternano con masse stratiformi di porfidi amfibolici. Si può dire anzi che, una zona calcarea segni un vero orizzonte, entro quella massa schistosa, semicristallina, percorrendo un tratto di forse 30 chilometri, dal Monte Cristallo alla sponda dell' Adda, sotto il Monte Sobretta, dove presenta uno spessore di forse 60 metri. Nella zona stessa de' gneiss e de' micaschisti affiorano sovente i calcari; e basti citare la massa lenticulare enorme, divisa tra Piona e Musso sul Lago di Como, ove il signor Curioni ha indicato, da lungo tempo, la presenza di conchiglie bivalvi.

La conclusione è che, anche in questo gruppo sterminato delle Alpi centrali, esiste una zona di terreni, la quale non teme per nulla il confronto con quella che, nel Nord-America, comprende la serie dei terreni più antichi, dal Carbonifero all'Azoico: che, se i singoli terreni sono indistinti, per difetto di fossili, non sono perciò meno, nella loro totalità, rappresentati.

V.

La cosa riesce ancora più evidente a chi esamini la catena delle Prealpi lombarde, allineata sulla sinistra della Valtellina, da ovest a est, parallela, approssimitivamente, alla descritta catena centrale delle Alpi.

Trattasi di una zona, forse la più estesa; di una formazione, forse la più potente, nelle Prealpi lombarde. Per isventura essa si dilata in regioni così inospiti, costituisce delle cime così faticose; che il geologo il quale si prefigga il cómpito di esplorarla, deve essere camminatore a tutta prova, e animato dallo spirito della più perfetta abnegazione. Le Prealpi lombarde (parlo della più elevata catena, che separa le provincie di Bergamo e di Brescia dalla Valtellina e dal Tirolo) sono, per molti versi, più disastrose delle Alpi: creste più irte, valli più ripide, regioni più sterili, e quindi più deserte: mancanze di guide: carestia perpetua. Mentre le vette nevose delle Alpi svizzere sono ormai fatte ricetto di cittadina mollezza; qui vi trovate privo fin de' più indispensabili conforti della vita; sicchè vi dovete sovente imporre delle tappe sproporzionate alle vostre forze, sol per conquistarvi, a notte tarda, un giaciglio. Mi sono permesso quest' uscita, soltanto perchè sta qui, per mio avviso, la ragione, per cui quelle montagne rimasero finora quasi inesplorate, e per prevenirvi, che non agevole è il cómpito di chi volesse perlustrarle a dovere, come lo esigono il progresso della scienza, e la possibilità di scoperte proficue all' industria. Non foss'altro, le ardesie, che si estraggono in più luoghi entro questa zona, ad alimento di un' industria microscopica, e tutta locale, non meritano esse di venir prese in considerazione, ora che la facilità dei mezzi di trasporti avvicina i centri della ricchezza mineraria ai centri industriali, che possono approfittarsene?

Tornando in argomento, la zona in discorso occupa le più alte regioni delle nostre valli, spingendosi dal Pizzo de' tre Signori, a sud di Morbegno, a Ca-San-Marco, al Monte Cavallo, al Pizzo Stella, al Pizzo del Diavolo, al Monte Gleno fino all' alta Val-Camonica. Qui, sotto l'impulso di una gran massa granitica, che costituisce i due gruppi del Monte Adamello e del Monte Frerone, si ripiega, con tutte le formazioni lombarde, a sud, per ri-

pigliar quindi la via verso est, e raggiungere il ponte del Caffaro, e gettarsi in Tirolo.

La via più facile, per riconoscere primamente questa zona, è quella di partire da Ardese in Val-Seriana, e recarsi a Fiumenero e a Bondione; quindi salire al Passo-di-Cocca per discendere in Valtellina; oppure, per l'angusto Passo-della-Portola, a nord del Monte Madonino, trovare le sorgenti del Brembo, sopra Carona e Branzi, dove vi trovereste nel cuore della formazione, con quanto essa ha di più tipico e di più atto a richiamarvi le masse schistose, a piante carbonifere, della Savoja e del Vallese. La riproduzione delle forme litologiche del gruppo antracitifero delle Alpi, è qui, quanto si può dire, perfetta. Anzi la zona, riferibile al terreno carbonifero, ed ai terreni paleozoici in genere, ha qui uno spessore assai più considerevole che nelle Alpi. La è questa appunto che io aveva di mira, quando osai, più sopra, assegnare ai terreni, compresi tra le *arenarie variegate* e i *terreni cristallini*, uno spessore di 10,000 metri almeno. La natura petrografica poi, trova, nelle sue infinite varietà, tutti i possibili corrispondenti colle rocce paleozoiche d'Europa e del Nord-America.

Partendo da Ardese, si attraversano le calcaree riferite ai diversi membri della serie triasica, quindi le puddinghe rosse, riportate all'*arienaria variegata*. Così si giunge presso Gromo, dove si spiega una prima zona, assai potente, di schisti micacei, o talcosi, che potrebbe indurre in errore qualunque più esperto geologo, facendogli credere di aver toccata la zona delle vere rocce cristalline. Ma presso Fiumenero la scena cambia, col succedersi di una zona di schisti neri, argillosi o talcosi, come gli antracitiferi di Savoja; quindi una massa proteiforme di grès schistosi, quarzosi, talcosi, rossi, verdi, che, a Bondione, dan luogo a puddinghe, generalmente verdi, a grossi elementi di quarzo. Per giungere alla Portola, voi attraversate quanto di più vario possono offrire i grès nel colore, nella grossezza e nella mescolanza degli elementi. Ma quando siate discesi alle sorgenti del Brembo, a Carona, a Branzi, a tutto prevale la forma degli schisti ardesiaci, neri, carboniosi, simili in tutto e per tutto, come dissi, agli schisti del Vallese, della Tarantasia, della Moriana, così ricchi di piante carbonifere. La somiglianza è così perfetta, e la posizione stratigrafica è tale, che i geologi, italiani e stranieri, convennero nel riconoscervi il *carbonifero*, e, come tali, sono quegli schisti segnalati da lungo tempo, sotto il nome di *schisti di Carona*.

Non avendo migliori particolari da aggiungere, affretterò le conclusioni. I dati litologici e stratigrafici sono più che sufficienti

a stabilire, colla pluralità dei geologi, che quella zona rappresenta i terreni paleozoici, nominatamente il *terreno carbonifero*. Se dati migliori non si raccolsero; se i fossili fanno finora difetto; ciò è da attribuirsi anzi tutto all' assoluta mancanza di indagini sufficienti. Trattasi dunque d' una vasta regione inesplorata, cioè, da esplorarsi, con risultati, certi per la scienza, sperabili per l' industria. Ci conforti intanto il sapere, come la collezione geologica del signor Curioni, si arricchì recentemente degli avanzi di una flora carbonifera, scoperta sul prolungamento della zona descritta, nelle montagne tra la Val-Camonica e la Val-Trompia. L' illustre geologo vi distinse *Noeggerathia* e *Lepidodendron*, generi così caratteristici del periodo carbonifero.

Di buon augurio sarebbe pure la scoperta, segnalata dal professore Meneghini fin dal 1846, del carbon fossile di Raveo, in Carnia (Meneghini, *Rapporto scientifico sul combustibile fossile di Raveo in Carnia*. Padova, 1846). Fu scoperto nelle calcaree nere, magnesifere, che formano la base di quelle montagne. Non so se venne, più tardi, determinato l'orizzonte di quel deposito. Ma, dal complesso delle osservazioni, addotte in quel *Rapporto*, parvemi già di poter conchiudere, che si trattasse di un deposito, inferiore certamente a diversi membri triasici, e, con tutta probabilità, appartenente al *terreno carbonifero*. Così la zona paleozoica si innoltrerebbe nelle Alpi venete. Del resto troviamo già attribuito da Foetterle, alla formazione carbonifera, una zona di schisti e di calcaree, a nord est del Veneto, onde risulta la catena dei monti sui confini del Tirolo e della Carinzia.

La zona paleozoica si distende anche nel Vicentino. Leggendo infatti la descrizione che il professore Pirona in un suo recente scritto (*Costituzione geologica di Recoaro e de' suoi dintorni*), ci porge di quella formazione del Vicentino, la quale passa convenzionalmente sotto il nome generico di *micaschisti*, è facile rilevare, come non sia dessa che la riproduzione di quella zona alpina, la quale, a tutto diritto ormai, si ascrive ai terreni paleozoici.

Il detto micaschisto del Recoarese, dell' Agordino, e di molti siti delle Alpi meridionali, si manifesta, per lo più, come schisto talcoso (*Lardaro del Vicentino*): talora passa allo schisto cloritico, o allo schisto argilloso. Ordinariamente è grigio plumbeo, o verdastro, o rossastro, ontuoso al tatto, splendido, duro. In qualche luogo questa formazione contiene dell'antracite; alcune varietà di schisti si accostano agli schisti neri della formazione carbonifera della Carnia. Eccoci dunque, direi, ripetuta in tutti i suoi particolari, la zona paleozoica delle Alpi centrali, coll' aggiunta degli schisti neri

dell'Alpi occidentali e delle Prealpi lombarde. Aggiungi un conglomerato di frammenti schistosi, con cemento micaceo, rosso-bruno, che si scorge in Val-Calda, in Val-Mondonovo, in Val-dell'Orco, località del Recoarese, e si ripete nel Bellunese e nel Cadorino. Anche questo conglomerato è sottoposto alle *arenarie variegate*, ed è da Schauroth, del pari che da Pirona, ascritto ai terreni paleozoici.

Su questa via ci troveremmo in breve riuniti, senza mai perdere la traccia della zona paleozoica, a quelle Alpi orientali, ove la serie paleozoica, meno mascherata dal metamorfismo, fu già da lungo tempo riconosciuta dai geologi, a quelle regioni della Boemia e dell'Ungheria, ove tante scoperte si fecero in questi ultimi anni, entro i dominî dei terreni paleozoici, interessanti del pari per la scienza che per l' industria.

Percorsa così, a grandi tratti, la catena delle Alpi, quale è intesa dai geografi, ci resta ancora l'esame di una gran parte del sistema alpino, quale è, o dev'essere, inteso dai geologi. La classica catena che, dalle Giulie e dalle Noriche Alpi, ad est, gira ad ovest, con cerchio non interrotto, fino alle Alpi marittime, continua, sopra il prolungamento di una semi-elisse, lungo il Tirreno. Le parti più culminanti costituiscono, su questo prolungamento, i sistemi più montuosi della Corsica, della Sardegna, delle Alpi di Toscana, dell'isola d'Elba, delle Calabrie, della Sicilia. In mezzo a questa semi-elisse, sollevata, almeno in gran parte, posteriormente al periodo eocenico, vaneggiava il mare, ove si formavano i potenti depositi miocenici e pliocenici d' Italia, dove vomitavano da cento bocche i vulcani della Sardegna e del Lazio, e donde emersero, su larga cerchia, i colli subalpini e subappennini.

VI.

Cominciando dalla Corsica la ricerca dei terreni paleozoici nelle regioni marittime d'Italia, dobbiamo ricorrere ancora alle notizie raccolte, vent'anni or sono, dall' infaticabile Lorenzo Pareto.

Nei *Cenni geognostici sulla Corsica* (*Atti della* 6.ª *riunione degli scienziati italiani*, 1845) descrive una specie di bacino carbonifero, che trovasi nella parte occidentale dell' isola, abbracciando, approssimativamente, il Golfo di Porto e il Golfo di Galeria. Le

rocce, raddrizzate e contorte, in immediato rapporto con vaste espansioni di porfidi, euriti ecc., constano, inferiormente, di filladi (schisti) micacee, alternanti con rocce silicee, e superiormente, di argille schistose, di grès quarzosi, più o meno grossolani, in mezzo ai quali scopresi un letto di combustibile, ritenuto antracite. Il Pareto trova in quei depositi il *facies* petrografico del terreno carbonifero di altre località. Fatto sta che, quel lembo occidentale di terreni sedimentari, non ha nulla a che fare coi terreni più recenti, cretacei e terziarî, che percorrono, sopra vasta zona, l'isola, per quasi tutta la sua lunghezza ad est. Il terreno, ritenuto carbonifero è seperato dai terreni recenti, mediante tutta quella massa enorme di terreni granitici, che occupa da sola circa due terzi dell' isola.

Alberto La-Marmora, uno dei nomi più simpatici all'Italia, uno di quegli ingegni più precoci, che tennero alto il vessillo scientifico d'Italia, nei tempi della sua maggiore abiezione, e fece sì, che una delle regioni più inesplorate d'Italia, divenisse, in ordine alla scienza, forse più nota, che oggi nol sia qualunque altra più popolosa e incivilita, distingue, nella sua opera monumentale: (*Voyage en Sardaigne)*, un gruppo di terreni, nei quali si riconosce, anche in oggi, quanto di più tipico presentano i terreni paleozoici in Italia. Questo gruppo si basa immediatamente sulle rocce di pretta indole cristallina, direm meglio sul granito, che forma da solo il nucleo della Sardegna. La-Marmora lo suddivide in tre gruppi secondari, i cui rapporti meriterebbero, di venire, con ulteriori studî, precisati.

Sono 1.° gli *Schisti cristallini;* 2.° il *Siluriano;* 3.° il *Carbonifero.*

Comincio dal primo, cioè dagli *Schisti cristallini.*

Il gruppo centrale, il più elevato della Sardegna, granitico alla sua base settentrionale, è costituito da uno schisto assai talcoso, fogliettato, cilindrato. È costantissimo nella sua forma, passando ben di rado allo schisto micaceo, mai al gneiss. La sommità del Gennargentu, a 1918^{m} sul livello del mare, la massima elevazione dell'isola, ne è formata. Sul monte Idollo e altrove gli schisti si associano ai calcari semi-cristallini, o saccaroidi. Secondo Fourret, citato da La-Marmora, si verifica la serie seguente, che riposa immediatamente sul granito.

1. Schisto argilloso.
2. Dolomie e calcari cristallini, con ardesie associate.
3. Schisti siliceo-micacei.

Gli schisti, nel loro complesso, non che le rocce le quali loro si associano, presentano qualche cosa di molto somigliante a quel complesso di schisti verdi e grigi, ecc., che disegna nelle Alpi la zona più profonda dei terreni stratificati. In Sardegna, oltre al gruppo centrale dell'isola,si dilatano sopra larghe estensioni altrove; principalmente, a N. E. tra Capo Comino e Capo Codacavallo, ed a N. O. nel gruppo delle Isole dell'Asinara. Si trovano sempre in concorso coi graniti, che li sopportano, e colle rocce siluriane, che paiono ricoprirli. La-Marmora inclina ad associarli al siluriano. Sembra però improbabile che la stessa zona, entro gli angusti limiti di quella regione, muti talmente di fisonomia, e appaia affatto distituita di fossili, che si mostrano abbondanti altrove, relativamente a piccola distanza, nella zona decisamente siluriana.

L'indole più decisamente cristallina di questa zona, in confronto della siluriana, di cui ci occuperemo tantosto, mi fa sospettare, trattarsi di formazione più antica del siluriano, cioè trattarsi del Cambriano, e fors'anche del Laurenziano.

Ad ogni modo il siluriano si mostra in Sardegna colla sua fisonomia e co' suoi fossili più caratteristici. Le rocce siluriane si presentano in diverse località dell'isola, dilatandosi sopra estese superficie, costituendo diverse masse, cioè diversi affioramenti.

La prima massa si incontra nella parte più meridionale dell'isola, nelle montagne, che si levano a N. O. delle coste, ove sporgono i Capi di Pula e Spartivento. Sopra il granito, riferito da La-Marmora alla varietà pecmatite, si succedono un calcare nero, associato a quarzite schistosa, con grafite; ovvero un calcare granuloso, subcristallino che passa ad una roccia silicea. Il calcare e la roccia quarzosa alternano talora. In diverse località appajono degli schisti violacei, argillosi, ecc. La descritta massa si spinge verso N. O.formando una vasta zona, che va a terminare in punta, presso il golfo di Oristani. Verso Monte Poni e Inglesia prevalgono gli schisti, verdi, grigi, violacei, rossi feccia di vino, e pare si distinguano due zone; l'una superiore, calcarea; l'altra inferiore, schistosa.

I fossili vi sono, in genere, molto scarsi: le località, ove abbondano, sono nei dintorni di *Flumini Maggiore*, e sul lido del mare, verso C. Pecora. Il prof. Meneghini vi scorse molte specie nuove, e molte già note come siluriane. Secondo La-Marmora, il siluriano di Flumini Maggiore presenta, dall'alto al basso, la serie seguente, che riposa sopra il granito.

1. Calcari schistosi.
2. Calcare a *Orthoceras*.
3. Schisti argillosi.
4. Schisto ricco di fossili (*Orthis*, *Leptena*, *ecc.*)
5. Schisti argillosi.
6. Leptinite, con impronte di *Orthis*.
7. Granito.

L' altra gran massa del terreno siluriano in Sardegna è parallela alla prima, stendendosi pur essa nella parte meridionale dell'isola, di cui occupa le montagne verso E, in concorso coi graniti, cogli schisti cristallini, e con scarsi lembi di terreni più recenti. In questa massa meridionale si mostrano talora rocce simili affatto a quelle, che costituiscono la massa occidentale. Il predominio assoluto è però degli schisti talcosi, dei grovacchi talcosi, degli schisti argillosi ardesiaci, che alternano con calcari. Fossiliferi sono spesso i calcari, e gli schisti; specialmente gli schisti carboniosi. A quell'alternanza di strati si associano poderose masse di bardigli, ossia di calcari subsaccaroidi. Frequenti i depositi di grafite. La località di Goni è rimarchevole pe' suoi bei *Graptoliti* (1), negli schisti neri, carboniosi.

Dallo studio comparativo delle due masse, e dei fossili, rispettivamente da loro contenuti, il La-Marmora conchiude: esservi in Sardegna due gruppi del Siluriano; uno equivalente alla parte inferiore del *Siluriano superiore*, l' altro, alla parte superiore del *Siluriano inferiore*. Entrambi associati, costituiscono la massa occidentale del Siluriano di Sardegna. La massa orientale invece andrebbe, in genere, riferita al *siluriano superiore*, *parte inferiore*.

Alle due masse principali, va aggiunta una massa minore, che costituisce i monti a Nord-Ovest dell'Isola, tra Capo Argentera, e Capo del Falcone. Consta di schisti ardesiaci.

Il prof. Meneghini, nel suo magnifico lavoro sui fossili di Sardegna, che va unito all'opera del La-Marmora, sarebbe pervenuto, sui dati statigrafici e paleontologici, a stabilire una serie di zone siluriane, che si succedono, dal basso all' alto, così:

---

(1) Numerosissima tribù di Acalefi, a polipaio menbranoso, delicatissimo, limitata ai periodi antichissimi del globo, Siluriano e Cambriano.

1.° Leptinite a impronte di *Orthis*.

2.° Schisto talcoso, calcifero di Flumini maggiore. — *Ptilodictya recta* d'Orb, *Stictopora prismatica* Mgh., *Deadropora*, *Fenestella?* *Favosites*, ecc.

3.° Schisti argillosi giallastri, ferruginosi. — *Spirifer terebratuliformis* M. Coy, molte specie di *Orthis* (*testudinaria* Sharp., *miniensis* Sharp., *patera* Salt.), *Orthisina inflexa* Davds., *Leptaena convexa* Vern., *Ptilodictya lanceolata* Lonsd., *P. costellata* M. Coy, *Scyphocrinus*, *Favosites*, ecc.

4.° Rocce metamorfiche, di incerto orizzonte, con crinoidi.

5.° Schisti di Goni a graptoliti. — *Graptolithus colonus?* Barr. *G. Priodon* Brn., e molte specie nuove.

6.° Grovacco schistoso, con crinoidi.

7.° Calcare a ortoceratiti. — Diverse specie di *Orthoceras*.

8.° Calcare a ortoceratiti di Flumini maggiore. — *Orthoceras simplex* Desor., *O. bohemicum* Barr., *O. subtrochleatum?* Münst., *subbannulare?* Münst., *Cardium subarmatum* Münst., *Cardiola interrupta* Sovv., *Graptolithus Priodon* Brn.

Il terreno carbonifero in Sardegna si mostra sopra una angusta zona di forse 10 miglia, non molto internata dalla costa orientale dell' Isola, tra Capo Palmeri e Capo di Bellavista. Vi è rappresentato da una serie di schisti, argillosi, grigio-neri, con rocce quarzose, superiormente; da puddinghe quarzose, a cemento argillo-schistoso inferiore: L'antracite alterna colle rocce della parte superiore. Il tutto riposa, a stratificazione discordante, sulle rocce siluriane. Un pozzo nel luogo detto Is Alinus, la rivelò a sei livelli differenti. Ma trattasi di straterelli di nessuna importanza: ma a San Sebastiano de' Secci, un banco di antracite raggiunge talvolta lo spessore di 3^{m}, 50, e potrebbe usufruttarsi per bene dell' industria. Ai letti antracitiferi sono associati gli schisti, ricchi di impronte di vegetali, che rivelarono, con tutta certezza, la *flora del periodo carbonifero*, rappresentata da un gran numero di specie, identificate dal prof. Meneghini. *Sigillaria*, più specie, *Cordaites borassifolius* Ung., *Odontopteris Brardii* Brgn., *Cyatheites dentatus* Goepp., *C. aequalis*, Goepp., *C. arborescens* Goepp., ecc., *Alethopteris Pluckneti* Gein., *Pecopteris gigantea?* Brogn., *Calamites cannaeformis* Schl., *Asteropphyllites equisetiformis* Brogn., *Annularia longifolia* Brogn., ecc.

VII.

La traccia, che ci siamo prefissa, ci porta ora in Toscana. Dietro lo studio dei prof. Savi e Meneghini, tanto benemeriti della geologia toscana, è noto da lungo tempo ai geologi un gruppo di terreni polimorfi, che, dal nome del Monte Verruca, presso Pisa, ove è ben sviluppato, intitolossi Verrucano. In base ai dati stratigrafici e petrografici, il gruppo del Verrucano si era distinto nei Monti Pisani, nelle Alpi Apuane, nel Volterrano, nel Golfo della Spezia, nell' Isola d' Elba, ecc. È dunque una formazione che, esclusa dall'Appenino propriamente detto, caratterizzava quella, che io direi, geologicamente parlando, porzione alpina dell'Italia centrale. Il gruppo del Verrucano è tutt'altro che semplice, e come ha talora una potenza di circa 900 metri; così può suddividersi in parecchie zone distinte, le quali, in seguito a studi stratigrafici più recenti, troveranno i rispettivi equivalenti nella serie alpina e nella serie generale dei terreni. In quel gruppo si distinguono, superiormente, delle calcaree, riferibili alla serie triasica. Più sotto vengono delle puddinghe quarzose (dette dai geologi toscani anageniti), e delle arenarie. Inferiormente dominano gli schisti talcosi, steatitici, le filladi, ecc. È in questi schisti, quindi alla base del gruppo del Verrucano che, una bella serie di fossili, animali e vegetali, illustrati dal prof. Meneghini, rivelò non dubbio il *terreno carbonifero*. Escher fu il primo, io penso, che abbia colpito, e messo in luce, i rapporti di quei terreni dell' Italia centrale coi terreni delle Alpi. Rimarcò specialmente la somiglianza litologica, e l'approssimativa uguaglianza di livello geologico, tra le puddinghe del *Verrucano* e quella zona immensa di puddinghe rosse e di schisti, che si svolge lungo tutta la catena delle Alpi di Savoja, Svizzera, Lombardia, ecc., a cui applicò il nome di *Verrucano*. Ampliando poi il valore paleontologico, che veramente apparteneva esclusivamente agli schisti, inferiori alle puddinghe, e applicandolo alle puddinghe stesse; ritenne dell'epoca carbonifera e le puddinghe toscane, e le puddinghe rosse, con schisti e grès varicolari, delle Alpi e delle Prealpi. Quella formazione alpina e prealpina fu dimostrata più tardi non essere che l'equivalente delle *Arenarie variegate* (*Bun-*

tersandstein) del trias, ed esserlo assai probabilmente, almeno in parte, le *anageniti del Verrucano* di Toscana. I geologi svizzeri continuano tuttavia nell' impiego del nome *Verrucano*, con danno evidente di quella precisione di linguaggio stratigrafico, che è tanto necessaria, per non trascinare i lettori a false deduzioni. I caratteri paleozoici si rivelano unicamente nella parte inferiore del *Gruppo del Verrucano*, e questo nome non ha più ormai che il valore di un'antica convenzione, come era la mente degli stessi autori che lo introdussero (Savi e Meneghini, *Considerazioni sulla geologia toscana*, pag. 283).

Anzi, afferrando alcune particolarità esposte negli scritti più recenti del prof. Paolo Savi, direi: che nelle Alpi Apuane sia riprodotta, in un modo mirabile, la zona paleozoica delle vere Alpi. Sono schisti talcosi, con noduli di quarzo; steaschischi, con straterelli di grafite; schisti grigio verdastri, bianco-sudici, a venature sinuose, formati di quarzo jalino, feldspato bianco, e quarzo, quindi prossimi al gneiss, ma intimamente uniti agli schisti talcosi. In fine è evidente, che in Toscana (diremo anche alla Spezia) la serie paleozoica presenta i caratteri incerti, oscillanti, e l'indole petrografica de terreni cristallini stratificati, da cui, anche colà, riesce difficile, forse impossibile, separarli.

A questa zona di schisti, ove prevale, come nelle Alpi, l'indole talcosa, si associa la zona, non so quanto bene distinta, degli schisti argillosi, con antracite e piante carbonifere, delle anageniti e puddinghe quarzose, costituente per Savi, la parte superiore dei terreni paleozoici. Questa zona corrisponderebbe quindi perfettamente agli schisti neri antracitiferi della Savoja, agli schisti neri ardesiaci, con grès, pudinghe quarzose, verdi, rosse, della Lombardia orientale. Notisi bene che da tale complesso rimarrebbero escluse le puddinghe, e le altre rocce, da ascriversi alle arenarie variegate.

Ciò almeno si deduce dagli studi geologici sulla Spezia, del prof. Cappellini. Sotto le brecce, le quarziti, le arenarie rosse, le puddinghe quarzose, e ascritte all'*arenaria variegata*, il Cappellini trova ancora la copiosa serie seguente;

1.° Schisto arenaceo, violaceo, scuro.
2.° Schisto compatto cloritico.
3.° Puddinga di ciottoli calcarei, carnicini o ceroidi, e di ciottoli di quarzo, a cemento schistoso, talcoso.
4.° Calcare bigio chiaro, che passa al saccaroide.
5.° Schisto grigio-verdastro, inferiormente a nodoli quarzosi.

Quest'ultima zona è già ascritta dal Cappellini al siluriano.

I numeri 1 a 3 sono riferiti, dubitativamente, al *Permiano*.

Concludiamo che anche in Toscana esiste, come nelle Alpi, un gruppo potente, il quale nella sua varietà, porta l'impronta dei terreni paleozoici, e che come tale è da considerarsi, sia per i dati statigrafici sufficenti, sia per molte analogie coi terreni paleozoici dell'Europa, principalmente delle Alpi e della Sardegna, che ci autorizzano a discendere, per lo meno, fino al *Siluriano* inclusivo. In linea paleontologica però, non ci è dato di fissare in Toscana altro orizzonte sicuro, che quello del periodo carbonifero.

La località più interessante, forse l'unica, ove siansi presentati finora i fossili carboniferi, è quella del Monte di Torri, presso Jano. Sotto diversi terreni, d'epoche più recenti, seguono, in serie discendente.

1.° Le puddinghe (anageniti) del Verrucano (arenarie variegate e grés carboniferi ?)

2.° Gli schisti antraciferi e cinabriferi, con conchiglie e piante carbonifere.

3.° L'Eufotide (roccia eruttiva).

Gli schisti antraciferi sono schisti silicei, talcosi, argillosi, grigio-neri.

Tali schisti appaiono anche altrove; e sono, precisamente, antraciferi nell'Isola d' Elba, grafitici nelle Alpi Apuane.

Le gallerie aperte a Monte di Torri, per la ricerca del cinabro, come condussero alla scoperta di molti fossili, così ebbero per risultato la ricognizione statigrafica più esatta di quell' importantissimo giacimento. Gli schisti siliceo-talcosi, alternanti con straterelli di antracite, formano quasi due zone; la superiore di schisti più grossolani, simili a psammite, dunque d'indole arenacea, contenenti conchiglie, crioroidi, coralli: l'inferiore di schisti fini, simili a schisti argillosi, contenenti impronte di vegetali.

Tra i fossili della prima zona Meneghini distinse le seguenti specie, che figurano tra i fossili del periodo carbonifero.

Pholadomia regularis d'Orb.
» plicata d'Orb.
Cardinia tellinaria Koninck.
Cardiomorpha pristina d'Orb.
Leptaena araanoidea d'Orb.
Cyathocrinus quinquangularis Mill.
Ceriopora irregularis d'Orb.

Negli schisti inferiori, una vera flora carbonifera, di cui le seguenti specie determinate.

Nevropteria rotundifolia Brong.
» orbicularis Brong.
Odontoperis Schlotheimii Brong.
Pecopteris acuta Brong.
» cyathea Brong.
» Bucklandi Brong.
Annularia longifolia Stern.

VIII.

Venendo alle Calabrie, dobbiam dire pur troppo di trovarci in una delle più sconosciute contrade d'Europa. Un gruppo granitico però, di cui si conosce almen l'esistenza da lungo tempo, ci avvisa, come l'estremità meridionale d'Italia sia compresa dalla gran curva del sistema alpino. Tanto ci basta per presupporvi l'esistenza di un gruppo paleozoico. Non parlerei però nemmeno delle Calabrie, in questo solo supposto, se, per buona ventura, non mi fosse venuto a mani un documento preziosissimo, che, in tanta povertà di dati, ci può fornire qualche lume. Vo debitore all'ottimo amico mio, professore Guiscardi, della gentile communicazione di un manoscritto dell' illustre Pilla, tanto benemerito della geologia italiana. Il manoscritto s'intitola: *Catalogo ragionato di una collezione di rocce delle Calabrie, disposto secondo l'ordine della loro posizione relativa.* Non è dunque semplicemente un catalogo, ma un documento stratigrafico, da cui si possono desumere i grandi tratti della geologia calabrese. La collezione delle rocce, indicate nel catalogo, trovasi presso il Museo universitario di Napoli.

Il gneiss, scrive il Pilla, è la roccia fondamentale delle Calabrie, e dessa sopporta tutte quante le altre, non escluso il granito, come asserisce lo stesso Pilla, il quale *è evidentemente una roccia di formazione posteriore alle gneiss, sovrapposto ed adossato sui fianchi.* Tale asserzione merita conferma. Sappiamo intanto come, anche nelle Calabrie, appajano le roccie cristalline più sviluppate delle Alpi; graniti diversi, dioriti, porfidi, steatiti; e come le rocce fondamentali siano, come nelle Alpi, i graniti e i gneiss, colle loro infinite varietà. Intanto il gneiss ci presenta già il fatto importantissimo della presenza della grafite in più d'un luogo. Anzi nel gneiss, prossimo all'afanite, è aperta una miniera di grafite a Olivadi (Calabria Ultra). Tra le rocce subordinate al gneiss, si notano, come d'ordinario, i mica-

schisti, gli schisti cloritici, diverse rocce amfiboliche, e. quello che più conta, dei calcari, granulosi, schistosi azzurri, saccaroidi bianchi; un complesso in fine, di cui nulla v' ha di meglio, per riprodurre, alla estremità meridionale d' Italia, la parte più profonda del sistema alpino, in cui così bene si specchiano l'Azoico e il Laurenziano d'America, e, ritengo, di tutto il globo.

Alla formazione, ove predomina il gneiss, si addossa una formazione, ove prevalgono gli schisti. Sono, come è da aspettarsi, micaschisti, schisti talcosi, perlacei, verdicci, quarziti schistose, schisti amfibolici, a cui si associano le filladi, ossia gli schisti ardesiaci, micaceo-argentini, carburati, ecc., infine una zona, che richiama appuntino quella, che nelle Alpi, per esempio in Valtellina, giace sulla zona delle vere rocce cristalline, dalle quali si può distinguere, più per un certo tatto geologico, che per definite caratteristiche. Nè mancano i calcari granulosi (o saccaroidi) ora associati alle filladi, ora sovrapposti ai gneiss; nè gli schisti calcarei, o calcareo-argillosi, indicati da Pilla come *rocce di transizione*, seguendo la nomenclatura di Werner, il quale indicava col nome di *terreni di transizione*, in genere, quegli stessi, che furono in seguito distribuiti tra il *Cambriano* e il *Siluriano*. Ed ecco infatti come il Pilla indica una *formazione carbonifera* che, in parte si adagia sul granito, in parte si addossa ai *calcari di transizione*. La *formazione carbonifera* consta di grès friabili, con avanzi di *Calamites*, di grès compatti, ricchi di conchiglie d'acqua dolce (Unio), di piroschisti, di calcari bituminiferi.

La Sicilia è creazione d'epoca sì recente, che non dovremmo aspettarci di trovarvi alcun lembo degli antichissimi terreni paleozoici. Per ben due terzi, sorse dal mare, fabbricata colle scorie de' suoi vulcani. Pare che l'uomo abbia assistito all'ultima fase del sollevamento dell' isola, come assiste tuttora alle eruzioni dell' Etna, che ne vanno dilatando i confini (1). Eppure all' antichissimo sistema alpino, appartiene una parte anche della Sicilia. Per isventura lamentiamo anche qui un'estrema deficienza

(1) Quasi una metà della Sicilia è ricoperta da una formazione di calcaree e di argille sollevate dal mare in epoca recentissima. Di 124 specie di conchiglie, scopertevi da Philippi, 89 vivono attualmente nei nostri mari. Questa formazione sarebbe sincronica al *periodo glaciale*, e il suo sollevamento, fino a 900 metri sopra il livello del mare, corrisponderebbe al *periodo dei terrazzi*. La comparsa dell' uomo sembra coincidere colla formazione degli ultimi terrazzi (*Note ad un corso di geologia*, ecc., vol. II.)

di notizie. La *carta geologica della Sicilia* pubblicata da Hoffmann, è, per riguardo allo scopo nostro, affatto insufficiente. D'Orbigny cita, sulla fede di La-Marmora, un lembo di terreno carbonifero in Sicilia. In difetto di altri documenti, tengo preziosissima una nota manoscritta del Profess. Gaetano Gemmellaro, che accompagna una copia della *carta* di Hoffmann, gentilmente communicatami dall'Ispettore delle miniere, ingegnere Giordano.

L'ultimo sprone della Sicilia a nord est, precisamente la parte che forma lo Stretto di Messina, si stacca interamente, nel senso geologico, dal resto dell'isola. Qui soltanto noi rivediamo le antiche forme caratteristiche delle Alpi. Hoffmann ci indicava già un calcare (calcare di Taormina) e dei conglomerati (conglomerato di Francavilla) più antichi dei calcari e delle arenarie, che si dilatano nel resto dell'isola: più una zona di schisti quarziferi e di micaschisti, simile a quella che si incontra universalmente nelle Alpi, e negli antichi rilievi di tutti i continenti. Stando alla *nota manoscritta* del Gemmellaro, il calcare di Taormina sarebbe un vero infralias, che si presenta nei dintorni di Alì, di Roccalumera, del Capo S. Alessio, ecc. Inferiormente ad esso calcare, nelle stesse località, lungo la costa, si mostrano delle puddinghe, le quali sono dal Gemmellaro indicate col nome di Verrucano, e ascritte al *terreno carbonifero.* Posto anche che non dovessero ascriversi al carbonifero, e dovessero invece considerarsi come una continuazione della gran zona di grès o di conglomerati, ascritte al Verrucano in Toscana e nelle Alpi, ma formanti la base del trias, cioè equivalenti del *grès variegato* (Buntersandstein), saremmo certi almeno, che le formazioni inferiori a quelle puddinghe, appartengono ai terreni paleozoici.

Infatti, il Profess. Gemmellaro indica, inferiormemte alle citate puddinghe, 1.° un *calcare carbonifero* nelle stesse nominate località: 2.° un'*arenaria carbonifera*, lungo la marina di Fiume di Nisi; 3.° un *conglomerato* o *gravacco* con molti ciottoli granitici al Capo S. Alessio: 4.° una zona di *schisti quarziferi verdi*, sviluppatissima presso Alì; 5.° una zona di *schisti micacei*, a Brolo, S. Angelo, presso Galati, ecc. 6.° *Gneiss* sviluppati nella provincia di Messina. Nei micaschisti si insinuano sovente i graniti. Questa serie di antichissimi terreni si sviluppa sulla linea di 20 miglia almeno. Credo adunque ce ne sia d'avanzo, per congiungere al sistema alpino quella regione più settentrionale della Sicilia, e per ritenervi rappresentata tutta la serie dei terreni paleozoici. Vo debitore ad un altro benemerito della geologia e della paleontologia siciliana, all'indefesso Profess. Seguenza, di una bella rac-

colta di rocce dei dintorni di Messina. Fu invero, con meraviglia, pari alla compiacenza, che io ci vidi tradotta così meravigliosamente la fisonomia delle Alpi, in quella serie multiforme di graniti, di gneiss, di schisti cristallini, caratteristici delle più antiche regioni del globo. (1) Che sarà, quando l'Italia, per lo studio associato e perseverante dei cultori della geologia, cessi di essere la terra dei misteri, la terra delle eccezioni, e si ponga al suo posto, per narrare, all'unissono colle altre regioni meglio studiate, e perciò meglio comprese, la storia del globo?

IX.

Riassumendo: il *sistema alpino* nelle Alpi, e nelle sue diramazioni in Italia, è, come tutti i grandi rilievi del globo, costituito principalmente dallo sviluppo dei più antichi terreni paleozoici e cristallini. Se non tutti i terreni paleozoici vi si distinsero, e se

---

(1) Al momento di licenziare queste pagine per i torchi, ricevo una lettera dello stesso Prof. Seguenza in data 21 novembre 1866, dalla quale mi affretto a cavare i seguenti particolari interessantissimi. Superiormente al gruppo delle rocce cristalline, che consta di graniti, pegmatiti, gneiss, rocce anfiboliche, ecc. trovasi una formazione riferibile in tutto e per tutto ai terreni paleozoici.

« Nelle colline presso Novara e Montalbano sono degli schisti ardesiaci della *Granwake*, in cui sinora non si sono osservati fossili. »

« Preso Limina ricordo esservi un terreno di grès, in cui trovasi del Litantrace (?) e nel quale il Prof. Carlo Gemmellaro non iscopriva verun fossile. »

« Nel terreno medesimo fu ritrovato dal Prof. G. Giorgio Gemmellaro un pesce proprio dell'epoca carbonifera. Quindi, pel rinvenimento di tali fossili si è ritenuto, che quella formazione fosse veramente un lembo, quantunque assai ristretto, dell'epoca carbonifera. »

« Gli schisti ed i grès variegati del Capo di Alì e di S. Alessio, privi assolutamente d'ogni traccia di residuo organico, come i calcari che l'accompagnano, formano un tutto, che potrebbe riferirsi alle ultime formazioni della grande epoca di transizione, ovvero ai primi membri del secondario; quindi al Permiano o piuttosto al Triasico. »

« Il pesce trovato nel Carbonifero dal Prof. G. Giorgio Gemmellaro è l'*Amblypterus macropterus* Agassiz. Da questa sola specie sembra chiaro, che il terreno a carbone di Limina sia dell'epoca carbonifera. »

« Negli *Elementi di Geologia* del Prof. Carlo Gemmellaro, si accenna un terreno di grès rosso a Villafiorita, sul quale è un banco di carbone. Tale roccia è fiancheggiata da *Granwake* e da schisto carbonioso. In tali terreni si sono trovati *Nevropteris* e *Calamites*.

i distinti nol furono in tutte le regioni; ciò si deve in parte attribuire al metamorfismo, forse più avanzato nelle Alpi che altrove: in parte però anche, lo si attribuisca al difetto di studî, alle dispute, che ne ritardarono il progresso; allo stato di isolamento, in cui furono tenuti i geologi italiani, per la tristizia delle condizioni politiche. Attribuiamone anche una parte all' influenza di nomi stranieri, che, dopo avere inaugurato un'êra di progresso, finirono coll' esercitare un potere retrivo.

Nelle Alpi, come dovunque, si verifica quella, che direbbesi fusione dei terreni di pretta indole sedimentare, coi terreni decisamente cristallini (1). Il distinguere ciò che, di sua natura, si confonde, sarà ancora argomento di lunga fatica al geologo; nè la soluzione di ardui problemi; che si annettono a formazioni così antiche, sarà possibile, finchè i geologi non si accordino sul valore degli epiteti di eruttive, sedimentari, cristalline, metamorfiche, ecc., che si affiggono alle rocce. Tali epiteti hanno un valore più o meno convenzionale, accennando alla diversa origine delle rocce; la quale, se talora si rende evidente per la specialità di certi caratteri, che distinguono, per esempio, una arenaria da una lava; spesso anche si nasconde sotto la indecisione o la comunanza dei caratteri stessi, accennando forse, colla fusione dei caratteri, alla associazione originaria degli agenti, da cui le rocce trassero origine. Intanto però lo smisurato complesso di quelle formazioni, che soggiaciono al trias, rappresenta una zona paleozoica, costituente, in concorso colle grandi masse granitiche, dioritiche, serpentinose, il massimo rilievo delle Alpi.

Questo vero trova già una sufficiente espressione nella carta geologica della Germania, pubblicata da Enrico Bach (*Geognòstische*

(1) Non è nemmen più amissibile la distinzione tra le *Alpi meridionali*, ossia tra le Alpi austriache, e il complesso della grande catena dall'uno all'altro mare. Il signor Hauer infatti, nel suo *Spaccato delle Alpi* (*Ein geolog. Durchschnitt der Alpen*, ecc. Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wissensch., Vol. XXV), opera che, si può dire, abbia servito di base alla stratigrafia austriaca, distingue, sotto agli schisti di Werfen (Werfener Schiefer), la serie seguente, ascritta al *Carbonifero*, e in cui ciascuno vede riprodotta, più o meno, la seria paleozoica delle Alpi in generale.

1.° Calcare grigio, oscuro, spesso dolomitico.

2.° Conglomerato a grossi grani di quarzo, assai compatto, che si lavora come pietra da macina.

3.° Massa poderosa di schisti neri, o grigio-oscuri, con *Spirifer*, *Productus*, ecc.

4.° Calcare cristallino.

Uebersichtcarte von Deutschland, ecc., Gotha, 1856) dove, quella, che si può chiamare veramente la cerchia delle Alpi, porta unicamenti i colori dei terreni inferiori all'*Arenaria variegata* (Bunter Sandstein). Prescindendo dalla gran zona degli schisti cristallini, che portano i colori del micaschisto e del gneiss; si può dire che il resto della cerchia alpina figuri sotto un solo colore, con due gradazioni, *U* e U^1. È il colore destinato a rappresentare gli schisti argillosi dell'Harz, dell'Erzebirge, delle Ardenne, de Taunus, della Boemia, delle Alpi orientali; a rappresentare in genere le formazioni, riferite al Siluriano e al Cambriano. Non occorre il dire, come, sotto lo stesso colore, cade l'unico gruppo, finora ben definito nelle Alpi, il *Terreno Carbonifero*.

Certamente correrà ancora lunga stagione, prima che questa immensa zona di calcari, di gessi, di schisti, di grès, di conglomerati, le cui infinite varietà non trovano espressione nel linguaggio litologico, sia interamente perlustrata e intesa. Trattasi del sommo rilievo d'Europa: trattasi di una delle più colossali catene del globo! Quante rivoluzioni si avvicendarono sul nostro pianeta dal primo giorno, in cui il primo atomo di sedimento si depose in seno all'Oceano primitivo, tutte vi lasciarono un'orma.

La massa immensa degli strati, ripiegata, contorta, rovesciata, spezzata, a brani dispersa, non era al certo un facile tema per la geologia nella sua infanzia. Aggiungi le informi masse cristalline: protogini, graniti, dioriti, sieniti, porfidi, serpentini di mille forme emergono, ad ogni tratto, e rompono in mano allo stratigrafo l'unico filo che gli serve di guida nello strano labirinto. I facili sistemi, fabbricati sui terreni appena ondulati del Giura e dei bacini di Parigi e di Londra, non si prestavano facilmente a definire le mosse grandiose, e, diciamo, l'agitarsi tempestoso delle Alpi. Ma tutto si appiana. L'industria può aver fede nei maggiori risultati della scienza; ma non trascuri, per quanto piccoli, i vantaggi che già la scienza le addita.

A. Stoppani.

CONSIDERAZIONI E CALCOLI

SULLA TEORIA DELLA FORMA E SPINTA

DEGLI ARCHI EQUILIBRATI.

La soluzione completa del problema dell'equilibrio dei vôlti è ancora un desiderio: valenti maestri in teoria ed in pratica applicarono il loro ingegno a quest'ardua questione, ma i loro risultati più o meno complicati non sono che un'approssimazione alla compiuta soluzione. L'ostacolo che la rende finora inarrivabile è l'ignoranza della legge generale con cui una pressione fatta sopra un punto della massa di un corpo di data forma distribuisce la sua azione nell'interno della massa del corpo stesso, e della legge di resistenza di questa massa in ogni suo punto. La conoscenza di queste due leggi esige che si conosca quella che si esercita fra le molecole della massa dei corpi, e, pel caso nostro, dei solidi; e nel dominio della fisica essa è ancora oggetto di ricerche. E supposto che questa legge si scoprisse, e fosse nota perciò anche quella della distribuzione interna delle pressioni, rimarrebbe ancora a vedersi se le dificoltà analitiche non inducessero a preferire i metodi che si seguono oggidì nella soluzione del problema dei vôlti. Lahire, De Prony, Coulomb, Yvon de Villarceau, Rondelet, Navier, Méry, Mascheroni, Scheffler, Déjardin, ecc., diedero teorie, e varii di essi insegnarono regole pratiche per calcolare le dimensioni di un vôlto perchè stia in equilibrio sotto l'azione del proprio peso e di una carica che gli stesse sopra. Taluni danno regole empiriche per calcolare lo spessore della chiave di un vôlto senza tener conto se esso sia a costruirsi con granito, con pietra calcare o con mattoni, e senza far cenno della parte della resistenza del materiale della quale si vuol far uso nella costruzione. Tali altri somministrano per gli spessori delle chiavi e dei piedritti formole assai complicate; altri

proposero regole grafiche approssimative, e ristrette a certi limiti come le formole empiriche, ed anche senza riguardo alla tenacità della materia, che si vuole adoperare. I pregevoli lavori di taluni di questi autori soddisfano non pertanto ai bisogni della pratica nei casi ordinarii; le formole e le regole di tali altri sono lasciate in disparte perchè troppo complicate, o perchè poco sufficienti (1). Il principio che condusse a quelle norme ed a quelle formole fu desunto dal considerare il vôlto composto di cunei finiti o infinitamente piccoli combacianti fra loro su letti piani e rigidi, ciò che non parmi convenire in tutti i casi in cui i vôlti sono composti di cunei spezzati, come per esempio nei vôlti di forte spessore fatti con mattoni. Questa considerazione mi condusse a rappresentarmi il vôlto a botte siccome una curva d'intradosso caricata di pesi che agiscono verticalmente senza alcun legame laterale, ed ebbi così una catenaria, e considerai che se rappresentavo tutto il peso del profilo dell'arco sopra l'intradosso con tanti pesi elementari su ogni puntò della curva e per mezzo di tante aste verticali di lunghezza proporzionata al peso rappresentato, la catenaria, che sarebbe l'intradosso, poteva assumersi per curva delle pressioni; e le altre estremità delle aste avrebbero determinato la curva estradossale, che deve limitare la massa totale che gravita sulla catenaria in modo da farle conservare la forma prestabilita.

Nè è necessario che questa curva sia all'introdosso, ma stando il sistema invariabile ed equilibrato, essa può portarsi parallelamente a sè stessa nel verso verticale dentro del profilo del vôlto; e per tal modo le aste rappresentanti i pesi elementari del profilo possono essere supposte attaccate alla curva a distanza costante dai punti estremi coi quali in prima poggiavano sulla curva. Sotto quest'aspetto io elimino il cuneo nel calcolare l'azione esterna, o la spinta orizzontale del vôlto, e non calcolo l'azione della parte del vôlto che alle imposte entra nei piedritti, ma la semplicità dei risultati a cui il calcolo conduce mi ha indotto a trascurare una tale azione, la quale per sè stessa è di poco conto, e trascurabile maggiormente quando i cunei invece d'essere d'un solo pezzo, sono composti di parti staccate e solamente cemen-

(1) Nel 1865 un ingegnere spagnuolo volle fare una sperienza di stabilità d'un arco colle formole d'Yvon de Villarceau, ma essa (Vedi giornale del *Genio Civile*, 1866, dove fu riportata la relazione) riuscì a male per lo spostamento succeduto ai piedritti, e l'arco cadde. Si pubblicò una relazione su questa sperienza in un giornale spagnuolo, alla quale si unirono i disegni dell'arco in sesto, ed a terra, con deduzioni che persuadono poco. L'esperienza essendo male riuscita non valeva la pena di pubblicarla.

tate fra loro, come accade nei vôlti di mattoni, e quando l'intradosso è un arco sorbassato.

Nella teoria dei vôlti è indispensabile il tener conto della curva delle pressioni; questa curva equilibrata passa per due punti delle imposte sui quali s'intende poggiato il vôlto, e per un altro punto della chiave, e se essa è compresa dentro del profilo del vôlto in certe condizioni, questo sta in equilibrio: se essa tocca il contorno del profilo stesso, o gli passa troppo vicino da rendere insufficiente la resistenza della materia, o passa fuori di esso, il vôlto cade. Dovendosi calcolare come incompressibile la materia del vôlto, si concepisce che possono essere infinite le posizioni di una curva di pressioni dentro il suo profilo in condizione d'equilibrio. Nei vôlti a pezzi, o cunei finiti e con letti normali alla curva delle pressioni le condizioni di forma per l'equilibrio sono soddisfatte; la considerazione della catenaria nel senso sopra esposto porta a cercare come sarà costrutto il vôlto, giacchè si suppone che gli elementi verticali del suo profilo sono tutti slegati fra loro, e legati per un sol punto alla catenaria che è una linea senza spessore. A tal fine io immagino due posizioni contigue della catenaria, e ne risulterà un archetto sottile che supporrò composto di elementi in forma di cunei normali alla curva, e composti della stessa materia dell'arco, e di resistenza indefinita; quest' archetto con tutto il peso che gli sta attaccato starà in equilibrio. La successione di questi cunei nelle successive posizioni della curva delle pressioni darà origine a cunei del vôlto intiero i cui letti saranno curvi. Ma in pratica questa curvatura non essendo necessaria, io considero i letti piani, e normali all'intradosso o ad una data posizione della curva delle pressioni.

Ma oltre le curve di pressione parallele all' intradosso vi ha un'infinità di altri sistemi di tali curve o catenarie dipendenti dai due punti di appoggio alle imposte e da quello alla chiave, le quali curve conservano lo stesso arco in equilibrio. Di queste si farà cenno nei calcoli che espongo.

Dal principio esposto ho dedotto formole colle quali si calcolano tutte le dimensioni necessarie all' equilibrio d' un vôlto in dipendenza della materia di cui si compone, cioè della resistenza e del peso di essa materia, della forma dell' intradosso o dell'estradosso e del carico che gli sta sopra; formole che in pratica riscontrai soddisfacenti e nelle quali sta in evidenza il grado di resistenza che si vuole mettere in azione nella materia dell'arco.

Applicai lo stesso principio alla ricerca della forma delle vôlte

delle scale, e delle vôlte a sesto acuto, e di quelle a cupola, delle quali si determina la spinta orizzontale sull'unità di contorno sul muro d'appoggio.

Calcolai l'effetto di carichi straordinarii sui vôlti già costrutti supponendo tali carichi tanto uniformente distribuiti quanto applicati a punti isolati, e ne dedussi le formole pel calcolo dello spessore alla chiave, e calcolai le condizioni d'equilibrio.

Accennai eziandio agli effetti delle scosse sui vôlti prodotti verticalmente e nei limiti in cui esse non producono rottura; ho calcolato l'effetto di esse sui punti delle imposte, ciò che mi indusse a calcolare l'azione delle scosse sui tiranti con cui talvolta si tengono in sesto i vôlti.

Non è a dire come questa memoria sia pubblicata senza pretensioni; considerando non indegni di qualche attenzione questi calcoli e queste mie considerazioni, ho creduto non inutile parteciparle a miei colleghi che mi saranno, non ne dubito, indulgenti.

I. Formole generali.

1. Sia $BELC$ (fig.) 1 la sezione di un mezzo vôlto fatta con

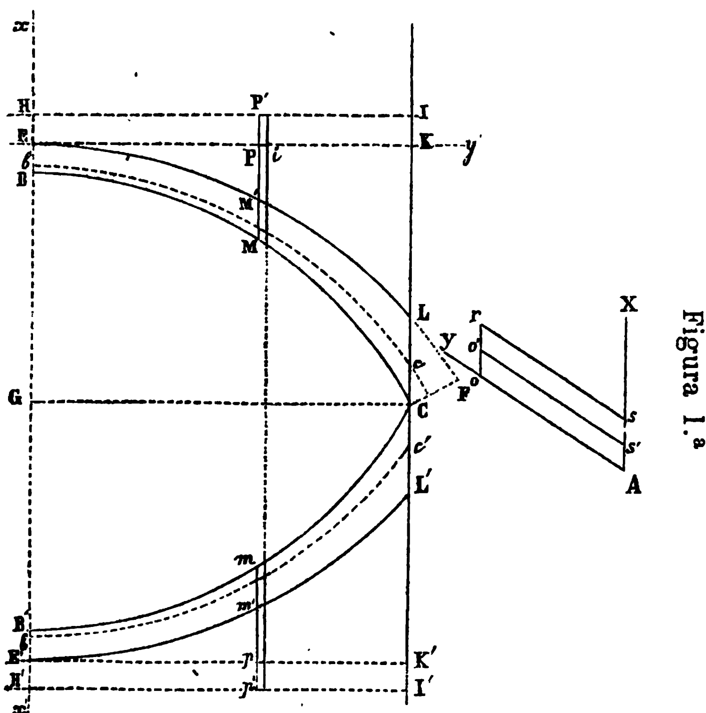


Figura 1.a

un piano perpendicolare alla sua lunghezza; *C* il punto d'imposta, *G C* la metà della sua corda, *G B* la monta, *B E* lo spessore alla chiave, *E K L* il carico di riempimento alle sue reni, e lo strato *E K I H* rappresenti il sopracarico di uniforme altezza che deve il vôlto sopportare, *B C* la curva dell'intradosso, *E L* quella dell'estradosso. Affinchè il vôlto sia equilibrato sotto il peso proprio, e quello che gli sta sopra, conviene che tutte le sue parti abbiano dimensioni tali che l'intradosso non cambi la figura statagli assegnata, o se fu determinata quella dell'estradosso, un'altra curva d'intradosso le corrisponda. Non tenendo conto della tenacità del materiale adoprato, nè dell'attrito fra le parti di cui si compone l'arco, la questione si semplicizza a favore della stabilità, siccome si fa comunemente, e si riduce a calcolare le risultanti e le loro direzioni provenienti dai pesi che sollecitano l'arco. L'equilibrio dell'arco ha luogo sopra una curva *b c*, che si chiama *curva delle pressioni*, e come se tutti i pesi elementari verticali che stanno sopra questa curva, o vi fossero applicati, fossero sciolti da ogni tenacità laterale. Per tal modo la curva *b c* sarebbe una catenaria rovesciata, rappresentata dalla curva, alla quale tutto il peso dell'arco e del suo carico, frazionato con piani verticali perpendicolari alla sua larghezza, fosse applicato. Sia *P' p'* la verticale che rappresenti uno di questi piani, e l'altra parallela vicinissima rappresenti un secondo. Sul vôlto avremo il peso elementare *M P'* poggiato sulla curva delle pressioni *b c*, e nell' arco rovesciato, ossia nella catenaria, avremo l'elemento *mp'* sospeso alla curva *b' c'*; qui produce tensione, là, pressione, ed il calcolo per l'uno e per l'altro caso si sa essere lo stesso. Giova qui fare una osservazione semplice, ma importante pel principio che guida questa teoria, ed è che se si trasporta la catenaria *b' c'* parallelamente a sè stessa nel verso verticale in un luogo qualunque dentro o fuori dell'arco, e si finge che ogni elemento del peso del vôlto e del carico sia ad essa attaccato, invece d'esserlo alla curva *b' c'*, la figura del sistema non varia menomamente; di più, questa catenaria così trasportata, produrrà uguale spinta orizzontale come la *b' c'*, purchè ogni elemento del peso dell'arco e carico sia attaccato verticalmente, e, ove duopo, con verghette sottili e senza peso, agli stessi punti, ai quali si suppongono legati nella posizione attuale *b' c'*. Lo stesso si dica quindi del vôlto, e la curva delle pressioni, se l'arco è equilibrato, si potrà supporre l'intradosso stesso. Così se si riconoscesse o si prefiggesse che l'intradosso stesso del vôlto fosse la curva delle pressioni, questa

curva si potrebbe portare parallelamente all'insù e supporre che passasse sul mezzo della chiave, od anche alla sua sommità *E*. La determinazione giusta di questa curva serve a calcolare le varie risultanti dei pesi che le sovrastanno, ed a calcolare la sua spinta orizzontale, e nel verso della tangente in qualunque punto di questa curva; la posizione che converrà assegnarle dentro l'arco servirà di norma per la struttura di esso, affinchè abbia la stabilità che si richiede. Ma si vedrà che la curva *b c*, o la sua simmetrica *b' c'* può essere arbitraria, perchè essa dipende dalle posizioni dei punti *b* e *c*, ossia *b'* e *c'*. Così la spinta orizzontale dipenderà anche dalla posizione di questi punti. Se supponiamo che la curva delle pressioni sia l'intradosso *B M C*, questa produrrà una spinta maggiore di quella che competerebbe alla curva delle pressioni che avesse l'imposta in *C* e passasse pel punto *E*, e questa spinta per la sezione dell'arco sarebbe la minima; la massima si avrebbe dalla curva delle pressioni che passasse nel punto *B* ed avesse l'imposta al punto *L* preso per imposta del vôlto. Ma allorquando consideriamo che l'intradosso *B M C*, come curva delle pressioni sia trasportato parallelamente a sè stesso nel verso verticale, traslocando il punto *B* in un punto qualunque *b* della chiave *B E*, la spinta orizzontale sarebbe la stessa che è prodotta dall'intradosso.

Quando invece dei punti *b* e *c*, e della curva *b c*, alla quale si suppone fissato l'arco *BELC* si sostituisero i piani verticali *BE*, e *L C*, contro i quali l'arco esercita le pressioni orizzontali, allora non essendovi considerato alcun punto di applicazione, il problema è indeterminato, non essendo in genere note le leggi di compressione degli archi. La stessa indeterminazione succede per un corpo, p. es., di forma parallelepipeda *o r s A* posato su d'un piano obliquo *Y A*, che tagli il verticale *A X* secondo una retta orizzontale che passi per *A*. La sua posizione si può conservare la stessa in un'infinità di maniere indipendentemente dai due piani, applicando a punti determinati dei lati *o r*, *A s* forze orizzontali corrispondenti, e la spinta orizzontale sarebbe massima quando essa fosse applicata ai punti *o* ed *s*; e se si scelgono i punti *o* ed *A*, e si suppone trasportata la retta *o A* in *o' s'* parallela ad *o A*, la spinta in *o' s'* sarà uguale a quella esercitata in *o* ed *A*. Se poi consideriamo l'azione orizzontale su tutta l'altezza *A s*, il punto d'applicazione della spinta orizzontale resta indeterminato, ed una forza orizzontale uguale a quella spinta, ed applicata in un punto qualunque dell'altezza *A s* basta a tenere a sito il corpo *o r s A* sul piano inclinato *Y A*.

Nei vôlti stabiliti, e dopo il loro assodamento non si può scoprire qual possa essere la curva risultante delle pressioni; l'accurata loro costruzione può avvicinarla sensibilmente e con approssimazione sufficiente per la pratica a quella che si è prefissa in progetto; ma si scorge che in generale il problema della spinta dei vôlti appoggiati a superficie alle imposte ed alla chiave non è determinato. Ma una tale indeterminazione è ristretta fra limiti che sono segnati nella sezione stessa del vôlto, e da che la nuova curva delle pressioni debba trovarsi fra questi limiti. E siccome per calcolare l' azione esterna della spinta orizzontale è necessaria la cognizione del punto sulla $L\ C$, al quale può considerarsi applicata, così bisognerà che questo punto sia dato, come devono essere date l'imposta e la chiave dell' intradosso per formare il volto.

Si potrà pertanto stabilire l'equilibrio dell' arco prendendo l'intradosso come curva delle pressioni, e trasportandola verticalmente all' insù, dentro la sezione del vôlto riconoscere se le condizioni di stabilità del vôlto sono assicurate. In ognuna delle posizioni di questa curva, la parte del vôlto che sta sopra, e l'altra che le sta sotto attaccata, ed il sopracarico esercitano su di essa un' azione verticale uguale come quando questa curva coincideva coll' intradosso. Quindi è, che se costrurremo il vôlto colla sezione calcolata con questa condizione, l' equilibrio del vôlto sarà stabilito. E la curva delle pressioni essendo sottile e senza resistenza conviene considerare eziandio lo spessore dell' arco sotto il rispetto della resistenza della materia che lo compone, e ragion vuole che pel calcolo dell' azione esterna del vôlto si debba prendere per curva delle pressioni quella che passa nelle condizioni le più favorevoli alla resistenza della materia, o tali che la stabilità del vôlto sia accertata a somiglianza di quanto si fa nel calcolare la stabilità di un corpo che riposa sopra la sua base orizzontale.

Il determinare con queste condizioni la stabilità dei vôlti in generale, la loro azione esterna sotto carichi permanenti ed accidentali, forma l' argomento dei calcoli seguenti. Avvertirò solo che non si tien conto dell' azione del triangolo $C\ L\ F$, il quale può ritenersi posare sul piedritto, e questo supposto converrà anche meglio per gli archi in mattoni, archi che non si compongono di cunei intieri su tutto lo spessore del vôlto, ma sono divisi in parti secondo le dimensioni dei mattoni.

2. Siano (fig. 2) $GC=c$, $GB=f$, $BE=s$, $EH=a$, $KC=b$, il peso dell'unità cubica della materia dell'arco sia p, sia p' quello del riempimento del triangolo EKL, il peso specifico del carico EH sia uguale a p prendendo per a un valore conveniente; sia A la spinta orizzontale dell'arco; sia l'orizzontale EK l'asse delle y, e la verticale all'ingiù condotta per E l'asse delle x. Le coordinate del punto M siano $PM=x$, $EP=y$; l'ascissa del punto M' corrispondente dell'estradosso sia $PM'=x'$; la larghezza dell'elemento del peso sarà $Pi=dy$. Si stabilisca infine il calcolo sopra l'unità di lunghezza del vôlto.

Figura 2.ª

Il peso elementare che gravita sul punto M sarà:

$$[p(x-x')+p'x'+pa]\,dy;$$

il peso totale sarà:

$$\int[p(x-x')+p'x'+pa]\,dy;$$

estendendo l'integrale fra i limiti $y=o$, ed y. L'equazione generale della catenaria carica di pesi, in ciascun punto della quale le pressioni normali si elidono, sarà:

$$dy\int[p(x-x')+p'x'+pa]\,dy=A\,dx$$

Differenziando rispetto ad y verrà

$$d y^2 \left[p (x - x') + p' x' + p a \right] = A \, d^2 x$$

ossia:

$$p (x - x') + p' x' + p a = A \frac{d^2 x}{d y^2} \qquad (1)$$

Con quest'equazione essendo dato l'intradosso che dà la relazione fra x ed y, si determina x' in funzione di y, e perciò l'estradosso. Ora quando $y = o$, si ha $x = s$, e $x' = o$, e segnando con $\left(\frac{d^2 x}{d y^2}\right)_0$ il coefficiente di A quando vi si fa $y = o$, sarà:

$$A = \frac{p (a + s)}{\left(\frac{d^2 x}{d y^2}\right)_0}$$

Esaminiamo ciò che indica il denominatore. Chiamando R il raggio di curvatura dell'intradosso al punto M si ha, senza guardare al segno

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{d y}{d x}\right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2 x}{d y^2}},$$

e siccome supponiamo che alla chiave B l'intradosso incontri ad angolo retto l'asse delle x, affinchè il vôlto non faccia un angolo in B, la tangente al punto B sarà orizzontale, quindi $\frac{d x}{d y} = o$, ed il raggio di curvatura al punto B essendo chiamato r, sarà:

$$r = \frac{1}{\left(\frac{d^2 x}{d y^2}\right)_0},$$

sostituendo nell'espressione di A si otterrà:

$$A = p\,r\,(a + s) \qquad (2)$$

Questa esprssione di A è indipendente dal carico del riempimento. Così la spintà orizzontale sarà la stessa qualunque sia il peso specifico del riempimento. Ma variando questo peso specifico, varia lo spessore verticale dell'arco dall'intradosso fino alla linea $EM'L$ che finora abbiamo chiamato estradosso, come vedremo fra poco.

Prima di passarē alle applicazioni è utile conoscere un'altra espressione di $\frac{d^2x}{dy^2}$. Sia α l'angolo che fa coll'asse verticale della x il raggio di curvatura al punto M, sarà:

$$\frac{dx}{dy} = \text{tang. } \alpha\,,$$

e perciò

$$\left[1 + \left(\frac{dx}{dy}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} = \frac{1}{\cos.^3 \alpha}$$

e per conseguenza:

$$= \frac{1}{\cos.^3 \alpha \, \frac{d^2x}{dy^2}\, R}\,,$$

e

$$\frac{d^2x}{dy^2} = \frac{1}{R \cos.^3 \alpha}\,,$$

e sostituendo nell'equazione (1) essa diverrà:

$$p\,(x - x^1) + p'x' + p\,a = \frac{A}{R \cos.^3 \alpha}\,,$$

ossia

$$p\,(x - x') + p'x' + p\,a = \frac{r}{R}\,\frac{p\,(a+s)}{\cos.^3 \alpha} \qquad (3)$$

Quest' equazione somministra il mezzo di trovare graficamente lo spessore verticale dell' arco al punto M, e così determinare l' estradosso con approssimazione anche per intradossi tracciati a mano con una curva qualunque.

Ricaviamo da quest' equazione

$$x' = \frac{p}{p - p'} \left\{ a + x - \frac{(a+s)r}{R \cos.^3 \alpha} \right\}$$

Quando si tien conto del peso di riempimento alle reni, questo può aggiungersi a quello del vôlto stesso aumentandone così lo spessore relativo, facendo $p' x' = p x''$; allora avremo dalla formola (3)

$$x - x' + x'' = \frac{(a+s)r}{R \cos.^3 \alpha} - a$$

Il primo membro di quest' equazione dinota lo spessore verticale del vôlto, che chiamerò X; onde

$$X = \frac{(a+s)r}{R \cos.^3 \alpha} - a = \frac{A}{p} \frac{d^2 x}{d y^2} - a \qquad (4)$$

Così per ogni valore di a avendosi uno spessore $x - x' + x'' = X$, si scorgerà che quando si tien conto del riempimento x'', lo spessore è $x - x' = X - x''$, e quando si trascura x'', $x - x'$ sarà uguale ad X, e così riuscirà maggiore dello spessore che risulta dal tener conto di x''. Facendo $x'' = o$ otterremo dalla formola (4) questo spessore.

Se con linee proporzionali determiniamo il valore di

$$\frac{(a + s)r}{R},$$

e lo portiamo sul prolungamento del raggio R da M in n (stessa figura), ed innalziamo in M la verticale indefinita $M M''$; se dal

punto n si conduce no, perpendicolare ad $M n$, poi $o p$ perpendicolare ad $M M''$, e in fine $p M''$ perpendicolare ad $M p$, o $M n$, sarà $M M''$ il valore del primo termine dell' espressione di X nella formola (4).

3. Determiniamo ora il peso dell' arco e del carico che gli sta sopra, e prendiamo la formola (1). Chiamando P questo peso dalla chiave fino al punto M, sarà il peso elementare

$$dP = [p(x - x') + p'x' + pa]\, dy = A\, d. \frac{dx}{dy}$$

Dunque, integrando fra i limiti o ed y si ha

$$P = A \frac{dx}{dy}.$$

Ora $\frac{dx}{dy}$ è la tangente trigonometrica dell'angolo che fa la tangente al punto M coll' asse orizzontale delle y; chiamato α quest' angolo, che è pur quello che la normale al punto M fa colla verticale, sarà:

$$P = A \text{ tang. } \alpha.$$

La superficie della sezione dell' arco sarà in conseguenza, designandola con S:

$$S = \frac{A}{p} \text{ tang. } \alpha$$

Chiamando ora T la pressione prodotta dal peso P nel verso della tangente della curva, sarà:

$$T = \frac{A}{\cos. \alpha} = A\sqrt{1 + \text{tang.}^2 \alpha} = \sqrt{A^2 + P^2}$$

Il valore di T cresce quindi col peso P. Quello di A è uguale in ogni punto della curva d' equilibrio, e per conseguenza una porzione qualunque di un' arco equilibrato ha una spinta uguale a quella dell' arco totale.

4. Il centro di gravità dell'arco, il cui peso è P, si determina agevolmente. L'arco ha lo spessore X, per conseguenza il centro di gravità si trova sulla curva che divide per metà tutti gli spessori verticali dell'arco. La sua distanza γ dall'asse delle x è

$$Y = \frac{\int X y\, dy}{A \frac{dx}{dy}} = \frac{\int A \frac{d^2x}{dy^2} y\, dy}{A \frac{dx}{dy}} = \frac{\int y\, d. \frac{dx}{dy}}{\frac{dx}{dy}} =$$

$$\frac{y \frac{dx}{dy} - \int \frac{dx}{dy} dy}{\frac{dx}{dy}} = y - x \frac{dy}{dx} = y - x \cot. \alpha.$$

Ciò dimostra che se al punto M si conduce la tangente che incontri in D l'orizzontale EK, e se dal punto D si abbassa una verticale che tagli l'intradosso in q e l'estradosso in q', il centro di gravità si troverà sulla metà dello spessore $q\, q'$.

II. Applicazioni.

1. *Curva carica di pesi uguali in ogni suo punto.*

5. Sia s l'altezza uniforme che rappresenta i pesi di cui si carica l'intradosso, si avrà

$$dy \int ps\, dy = A\, dx$$

cioè:

$$ps\, y\, dy = A\, dx$$

$$y^2 = \frac{2A}{ps} (x - s)$$

equazione, come si sa, della parabola. In questo caso si ha $a = o$, e l'equazione (2) ci dà

$$A = p r s,$$

per conseguenza

$$y^2 = 2 r (x - s).$$

Se si fa $y = c$, ed $x = b$, verrà

$$r = \frac{c^2}{2(b - s)} = \frac{c^2}{2f}$$

chiamando f la saetta $G B$ come al N.° 2. Avremo poi

$$A = p s \frac{c^2}{2f} = p s c \frac{c}{f}.$$

Ora tutte le altezze s si possono supporre schierate sull'orizzontale condotta dal punto E, e prementi sui punti corrispondenti verticalmente sulla curva mediante aste senza peso; allora si vedrà che $p s c$ è il peso totale Q del semiarco; sarà perciò

$$A = Q \frac{c}{2f},$$

formola nota.

Si ha poi

$$T = \sqrt{Q^2 + Q^2 \frac{c^2}{4f^2}} = Q \sqrt{1 + \frac{c^2}{4f^2}}$$

L'arco rovesciato rappresenta un ponte sospeso, e le formole sono note. Se si vorrà tener calcolo del peso delle gomene, allora considerando che le loro sezioni si possono supporre sensibilmente uniformi nel verso verticale, si calcolerà q in modo che

corrisponda alla maniera con cui è questa lettera messa in calcolo, e si avrà allora $a + s$ invece di s nel valore di A, ed avremo

$$A = p\, r\, (a + s)$$

$$y^2 = \frac{2\,A}{p\,(a + s)}\,(x - s) = 2\, r\, (x - s)$$

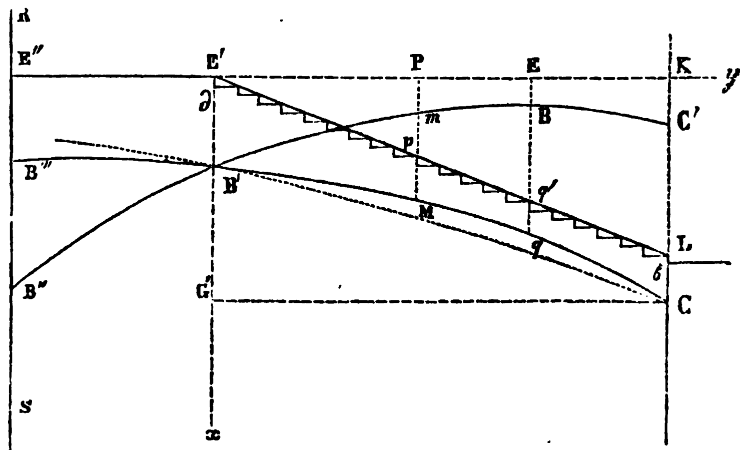
$$Q = p\, c\, (a + s)$$

$$T = p\, c\, (a + s) \sqrt{1 + \frac{c^2}{4 f^2}}$$

2. *Intradosso delle rampe delle scale e dei vôlti ad estradosso orizzontale.*

6. Rappresenti la fig. 3 la sezione normale di una scala. Siano $E'\,P = y$, $P\,M = x$ le coordinate dell'intradosso; sia $E'\,L$ la

Figura 3.ª



retta inclinata con angolo φ sull'orizzonte la quale passi sopra tutti gli spigoli dei gradini, e si considerino come pieni tutti i triangoli vuoti fra le pedate e le alzate, e la retta stessa $E'\,L$.

Questa rappresenterà l'estradosso. Sia qq' il minimo spessore del vôlto, che chiameremo s; sia $E'K = c$; il rampante debba cominciare in C dove $LC = b$, e terminare in B' dove $E'B' = d$. Si tratta di determinare la sua spinta orizzontale, il suo peso, il luogo che occupa il minimo spessore s, o qq', cioè le coordinate $E'E$, Eq del punto q, la forma dell'intradosso, e perciò gli angoli che fa la curva ai punti C e B' coll'orizzontale $E'y$.

Considerato il vôlto composto di materiale omogeneo, e di peso p per unità cubica, la formola (1), osservando che facendo tang. $\varphi = m$ si ha $x' = my$, e che $p' = o$, darà

$$p(a + x - my) = A \frac{d^2 x}{dy^2},$$

e questa è l'equazione dell'intradosso. Se per brevità faremo $\frac{p}{A} = n^2$, quest'equazione prende la forma

$$\frac{d^2x}{dy^2} = n^2 x - m n^2 y + n^2 a$$

L'integrale completo di quest'equazione è, chiamata e la base logaritmi neperiani,

$$x = M e^{ny} + N e^{-ny} + my - a \tag{5}$$

dove M ed N sono due costanti arbitrarie. Ora $x - my$ è lo spessore dell'arco; dunque

$$X = M e^{ny} + N e^{-ny} - a \tag{6}$$

Segue di qui immediatamente che gli spessori degli archi sono indipendenti dall'inclinazione della scala; quindi si deduce la costruzione seguente. Supposto $m = o$; e fatto $EB = qq' = s$, $KC' = LC = b$, e costrutta la curva $B'BC'$, si portino tutti gli

spessori verticali $P\,m$ in giù sulle stesse verticali sulle quali stanno a cominciare dai punti p d'incontro colla retta $E'\,L$, si avranno tanti punti M che determineranno l'intradosso.

Determiniamo ora i coefficienti M ed N. Quando $y = o$ si ha $X = d$, onde

$$a + d = M + N = d'.$$

Al punto q' dove lo spessore $q\,q'$ è minimo, la tangente all'intradosso è parallela alla $E'\,L$, e si avrà in questo punto $\frac{dX}{dy} = o$, perciò

$$n\,M\,e^{ny} - n\,N\,e^{-ny} = o,$$

da cui si ha il valore di e^{ny} corrispondente ad s

$$e^{ny} = \pm\sqrt{\frac{N}{M}} \qquad (7)$$

Mettendo questo valore di e^{ny} nella formola (6) e facendovi $X = s$ ed $a + s = s'$, si ha

$$a + s = \pm M\sqrt{\frac{N}{M}} \pm N\sqrt{\frac{M}{N}} = s'$$

$$s' = \pm\, 2\sqrt{M\,N}$$

$$s'^2 = 4\,M\,N$$

indi colla relazione suespressa fra M ed N si avrà

$$s'^2 = 4\,M\,d - 4\,M^2$$

$$M = \frac{d' \pm \sqrt{d'^2 - s'^2}}{2}$$

$$N = \frac{s'^2}{2(d' \pm \sqrt{d'^2 - s'^2})} = \frac{d' \mp \sqrt{d'^2 - s'^2}}{2}$$

Se si fosse determinato prima N invece di M si sarebbero trovati per N ed M i valori stessi che si trovano qui per M *ed* N. Non appare per ora ragione di scegliere piuttosto una coppia di questi valori che l' altra, ed ammetteremo

$$M = \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{2} , \quad N = \frac{d' - \sqrt{d'^2 - s'^2}}{2} .$$

L' equazione (7) ci dà il valore di y, ossia l' ordinata che determina la verticale sulla quale sta lo spessore minimo s, e si avrà

$$y' = \frac{1}{2n \log. e} \log. \frac{d' - \sqrt{d'^2 - s'^2}}{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}} =$$

$$= \frac{1}{n \log. e} \log. \frac{s'}{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}$$

Ammettendo la coppia

$$M = \frac{d' - \sqrt{d'^2 - s'^2}}{2} , \quad N = \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{2}$$

si ottiene

$$y = \frac{1}{2n \log. e} \log. \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{d' - \sqrt{d'^2 - s'^2}} =$$

$$= \frac{1}{n \log. e} \log. \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{s'}$$

7. Ora a seconda della coppia dei valori di M ed N che si assume, i valori di y' riescono diversi, e perciò sarà diversa la posizione del punto della curva in cui v' è il minimo spessore s, ed

è pure diversa l'equazione (5) della curva d'intradosso, e vi saranno perciò due curve che soddisfanno alla questione sebbene non soddisfacciano ambedue al caso nostro. Due infatti sono queste curve: la prima $B' q C$ (fig. 3) che è quella che si cerca, e dove lo spessore minimo s è compreso fra E' e K; la seconda più allargata la quale, passando pei punti B', C, come mostra la punteggiata sulla figura, si va accostando alla linea retta $E' L$ al di là del punto K, o L se $d > b$, od al di là di E' nella regione delle y negative se $d < b$. Così il caso nostro non ammettendo $y' > c$ nè y' negativo, ne deriva il criterio per la scelta della coppia dei valori di M ed N.

Dal primo valore di y' si scorge subito che la prima coppia non è da ammettersi, perchè la y' avrebbe sempre un valore negativo. Infatti n sarà sempre positivo, e siccome $d > s$, così

$$s' < d' + \sqrt{d'^2 - s'^2},$$

dunque

$$\frac{s'}{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}$$

sarà sempre una frazione, ed il suo logaritmo negativo.

Ammettendo dunque la seconda coppia dei valori di M ed N, l'equazione della curva sarà nota, e la si potrà costrurre per punti, al qual fine servirà meglio l'equazione (6) che dà gli spessori verticali.

Se in quest'equazione si fa $X = b$, dovrà essere $y = c$, dunque

$$a + b = M e^{nc} + N e^{-nc} = b'$$

facendo $a + b = b'$, e si avrà

$$n = \frac{1}{c \log. e} \log. \frac{b' \pm \sqrt{b'^2 - 4 M N}}{2 M}$$

$$= \frac{1}{c \log. e} \log. \frac{b' \pm \sqrt{b'^2 - s'^2}}{2 M}$$

$$= \frac{1}{c \log. e} \log. \frac{b' \pm \sqrt{b'^2 - s'^2}}{d' - \sqrt{d'^2 - s'^2}}$$

8. Cerchiamo ora qual sia il segno da assegnarsi al radicale. Prendiamo prima il segno negativo; sostituendo il valore di n in quello di y' avremo

$$y' = c \frac{\log. \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{s'}}{\log. \frac{b' - \sqrt{b'^2 - s'^2}}{d' - \sqrt{d'^2 - s'^2}}} =$$

$$= c \frac{\log. \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{s'}}{\log. \frac{(d' + \sqrt{d'^2 - s'^2})}{s'^2} - \log. \frac{(b' + \sqrt{b'^2 - s'^2})}{s'^2}}$$

Ora supposto $b > d$ questo valore è negativo, e perciò non conviene al caso nostro; se $b < d$ si ha $y' > c$, perchè il denominatore è minore di log. $(d' + \sqrt{d'^2 - s'^2})$ ed il numeratore è maggiore, dunque il quoziente è > 1 ed $y' > c$.

In conseguenza il segno $+$ al radicale del valore di n è quello che conviene, e sarà

$$y' = c \frac{\log. \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{s'}}{\log. \frac{b' + \sqrt{b'^2 - s'^2}}{s'} + \log. \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{s'}}$$

E qualunque siano b, d ed s, questo valore di y' sarà sempre una frazione di c, e converrà al caso di cui si tratta.

Sarà dunque

$$n = \frac{1}{c \log. e} \log. \left(\frac{b' + \sqrt{b'^2 - s'^2}}{s'} \frac{d' + \sqrt{d'^2 - s'^2}}{s'} \right)$$

e così

$$A = \frac{p}{n^2}.$$

Se non vi fosse sulla scala alcun sopracarico a; le quantità b', d', s', diverrebbero b, d, s.

9. Siccome la soluzione di questo problema si riduce a tracciare la curva $B' B C'$ coll' estradosso orizzontale $E' K$, così possiamo per maggior facilità portare in E l'origine delle coordinate. Cerchiamo la forma che prende l' equazione della curva. Il valore di n, e perciò di A, essendo indipendente da m significa che la spinta orizzontale è la stessa qualunque sia l'inclinazione della scala. Così per la nuova equazione servirà lo stesso valore di n. Seguendo la via tenuta superiormente nel calcolare i coefficienti M ed N dell'equazione (6), ossia facendo anche nelle loro espressioni $d = s$, si trova

$$M = N = \frac{a + s}{2}$$

e l'equazione cercata è

$$x = \frac{a + s}{2}\left(e^{ny} + e^{-ny}\right) - a \tag{8}$$

Con quest' equazione si può poi prolungare la curva B da ambi i lati secondo il bisogno. Supponiamo che sia prolungata sino al piano verticale $R S$ che è normale al profilo del vòlto, al punto B''; si vede che la spinta orizzontale della porzione $E'' E' B' B''$ del vòlto intiero $E'' K C' B B' B''$ farà equilibrio all'altra porzione $E' K C' B B'$, e così anche alla spinta del vòlto $E' L C B'$. Ma quest' equilibrio ha luogo solo per la spinta orizzontale, imperocchè può accadere che il vòlto spinga all' insù in dipendenza della sua inclinazione, nella direzione della tangente in B', mentre anche il vòlto $E'' E' B' B''$ spinge in sù secondo la tangente in B' alla curva $B B' B''$. L'arco $E'' B'' B' E'$ sarebbe il pianerotto della scala.

Applicando l'espressione di X qui sopra ad un vôlto piano di spessore s alla chiave e di spessore b all'imposta con estradosso orizzontale, e con carico a, si avrà

$$b' = \frac{s'}{2}\left(e^{nc} + e^{-nc}\right)$$

da cui si dedurrà

$$n = \frac{1}{c \log. e} \log. \frac{b' + \sqrt{b'^2 - s'^2}}{s'}$$

$$= \frac{2,30258}{c} \log. \frac{b' + \sqrt{b'^2 - s'^2}}{s'}$$

Indi

$$A = \frac{p}{n^2},$$

e così si ha la spinta orizzontale senza calcolo difficile e lungo.

Differenziando l'equazione (5) rispetto ad y si ha chiamando x l'angolo che fa la tangente alla curva coll'orizzontale,

$$\text{tang.}\, \psi = \frac{dx}{dy} = m + n\,(M e^{ny} - N e^{-ny}),$$

e chiamando θ l'angolo che fa la tangente alla curva al punto C, θ' quello che la tangente in B' fa coll'orizzontale, si avrà

$$\text{tang.}\ \theta = m + n\,(M e^{nc} - N e^{-nc})$$

$$\text{tang.}\ \theta' = m + n\,(M - N)$$

10. La superficie dell'arco sarà per la scala

$$S = \int (x - my)\, dy = \frac{M e^{ny} - N e^{-ny}}{n} -$$

$$- a y + \text{costante}$$

Prendendo questa superficie fra le rette $L\ C\ e$ ed $E'\ B'$, cioè fra i limiti $y = c$, e $y = o$, sarà

$$S = \frac{\text{tang.}\,\theta - \text{tang.}\,\theta'}{n^2} - ac = \frac{A}{p}\,(\text{tang.}\,\theta - \text{tang.}\,\theta') - ac.$$

Il peso del vôlto più quello del sopracarico $a\,c$ essendo P, avremo

$$P = A\ (\text{tang.}\ \theta - \text{tang.}\ \theta')$$

11. Cerchinsi ora le spinte verticale e tangenziale al punto B'. Chiamando V la prima e T la seconda, avremo

$$V = A\ \text{tang.}\ \theta'\ ,\ T = \frac{A}{\cos.\ \theta'}$$

A conferma di queste espressioni osserveremo che se supponiamo continuata la curva $C\ q\ B'$ fino a che la sua tangente sia orizzontale, in quel punto la distanza dall'orizzontale $E''\ K$ sarà la più piccola; chiamiamola s''. Si avrà così un'altra porzione di arco fra s'' e $B'\ E'$, e l'orizzontale $E'\ E''$ prolungata se occorre, la quale si troverà nelle stesse condizioni della porzione $EBKC'$, ed il peso di questo vôlto sarà A tang. θ', che è l'espressione di V.

Se poi l'intradosso fosse tale che l'angolo θ' passasse al di sopra dell'orizzontale $E\ K$, allora θ' è negativo, e si ha

$$P = A\ (\text{tang.}\ \theta + \text{tang.}\ \theta')$$

e V si cambia in pressione allo ingiù come succederebbe nell'arco $B'\ B\ C'$.

12. Se la curva dell'intradosso fa un angolo retto in B' colla $E'B'$, allora non vi ha spinta verticale, nè verso l'alto, nè verso il basso, ma vi si esercita la sola spinta orizzontale A, e l'arco essendo

continuato fino alla RS, si avrà una curva continua e sparirà l'angolo $B'' B' M$. Invece di un angolo retto, la tangente in B' potrebbe fare un angolo qualunque θ', ed essere anche tangente all'altra curva $B' B'''$ del pianerotto costrutta in guisa che produca la spinta orizzontale A, problema risolvibile colle formole dei num.[i] 8 e 9. Nel supposto che l'angolo in B' sia retto, e ritenendo sempre s minimo, si potranno ottenere delle equazioni che determinino M ed N. Quando $y = o$, è $X = d$, e si avrà dall'equazione (6):

$$a + d = M + N = d',$$

e quando

$$y = o, \text{ è } \frac{dx}{dy} = o,$$

e si ha

$$n(M - N) = -m,$$

indi:

$$N = d' - \frac{m}{n}, \quad M = d' + \frac{m}{n}$$

Facendo

$$\frac{dX}{dy} = o,$$

si ha

$$M e^{ny} = N e^{-ny}$$

e quindi:

$$X = 2 M e^{ny},$$

e perciò:

$$s' = 2\left(d' + \frac{m}{n}\right) e^{ny}$$

e quest'equazione darà y, cioè il posto occupato da s.

Mettendo i valori di M ed N nel valore di x nella formola (5), si ha:

$$x = \left(d' + \frac{m}{n}\right) e^{ny} + \left(d' - \frac{m}{n}\right) e^{-ny} + my - a,$$

e facendo $x = b$ dovrà essere $y = c$, e sarà:

$$b' = \left(d + \frac{m}{n}\right) e^{nc} + \left(d' - \frac{m}{c}\right) e^{-nc} + mc.$$

Quest' equazione darà il valore di n; ma essendo essa trascendente bisognerà, per ottenerlo, fare successive sostituzioni. Come si vede qui, lo spessore del vôlto ed A dipendono da m.

Non mi fermerò più su quest' argomento nè su nessun altro dei casi svariati nei problemi delle scale: dirò soltanto, al fine di semplificare certe applicazioni, che allorquando la monta (come spesso succede nelle scale) $b - s$, ossia $KC' - EB$ (fig. 3), è assai piccola, nei limiti fra i quali si estende il vôlto, può surrogarsi con vantaggio la curva parabolica o anche circolare alla vera curva logaritmica d' equilibrio.

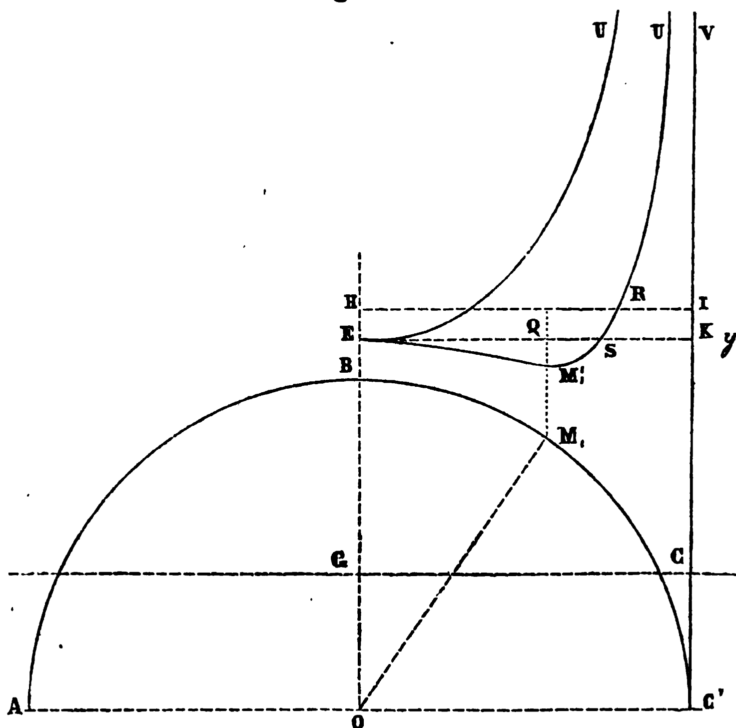
3. *Intradosso circolare, ellittico e parabolico.*

13. L' intradosso circolare essendo il più usato, applicherò le formole generali a questa curva, e ne risulterà anche la norma per gli estradossi ellittici. Nella sezione antecedente abbiamo veduto come si determini l' intradosso, dato l' estradosso, e come ad un estradosso orizzontale non possa convenire un intradosso circolare, ma per chi voglia costrurre un vôlto ben equilibrato, e non mettere *a priori* a cimento la tenacità dei materiali, sia necessaria la costruzione del vôlto sulla curva logaritmica, servendosi nei volti piani della formola (8) del num.° 9. La maggior facilità di costruzione delle centine non parmi nei casi ordinarii una buona ragione per scegliere la curva circolare quando v' ha un estradosso orizzontale, essendo ben riconosciuto che anche per la curva tracciata per punti, i costruttori delle centine soddisfano, se abili, al bisogno. Nei casi di archi a grande portata

non mancano mezzi di costrurre le centine con esattezza sulle curve che richieggonsi, e considerando che non si tratta di tener conto in questi trinciamenti delle differenze minime, si vedrà che per lo scrupolo di non potere con facilità tracciare una centina con esattezza matematica, non si deve dare la preferenza alla curva circolare in quei casi dove non conviene.

14. Sia r il raggio del semicircolo $A\,B\,C'$ (fig. 4), $B\,E = s$, e siano $E\,y$, $E\,x$ al solito gli assi ai quali si riferiscono l'intra-

Figura 4.ª



dosso e l'estradosso. Suppongasi a l'altezza del sopracarico, e trascuriamo il peso del riempimento alle reni, il quale potrebbe anche in media compensarsi con un'adatta altezza a al sopracarico che è supposto uniformemente distribuito. La formola (3) dove si fa $p' = o$ dà:

$$x - x' = \frac{r(a+s)}{R\cos.^3\alpha} - a = \frac{a+s}{\cos.^3\alpha} - a \qquad (9)$$

L'equazione dell'intradosso è

$$y^2 = (x - s)\,(2r + s - x)$$

ovvero:

$$r + s - x = \sqrt{r^2 - y^2}$$

Chiamato X lo spessore verticale dell'arco, si ha $X = x - x'$, e notando che

$$\cos.\ \alpha = \frac{r + s - x}{r},$$

sarà:

$$X = (a + s)\frac{r^3}{(r + s - x)^3} - a \qquad (10)$$

Si vede qui che gli spessori dell'arco vanno aumentando dalla chiave all'imposta, dove lo spessore sarebbe infinito. Difatto, al punto d'imposta la curva d'intradosso essendo tangente al piedritto e verticale, ivi la direzione del peso dovendo essere verticale, e d'altronde essendo tirato lateralmente dagli altri pesi applicati all'arco, l'elemento dell'arco all'imposta sarà tratto ad inclinarsi, e non vi ha forza che possa conservare la sua verticalità in quel punto, e perciò il peso elementare applicato ad esso diverrà infinito. In pratica questo risultato è neutralizzato dalla tenacità della materia, e siccome l'arco si può costruire fino all'angolo di 30 gradi a contare dall'imposta, così basta considerare l'arco fino a 60 gradi dalla chiave, cioè fino al punto in cui

$$\alpha = 60^{\circ},\ \text{e}\ \cos.\ \alpha = \frac{1}{2}.$$

in questo punto sarà:

$$X = 8\,(a + s) - a.$$

Se chiamiamo f la saetta dell'arco, c la semicorda, e b'' lo spessore dell'arco all'imposta, la formola (10) dà:

$$b'' = (a + s) \left(\frac{\frac{c^2}{f^2} + 1}{\frac{c^2}{f^2} - 1} \right)^3 - a$$

15. Prendiamo ora ad esaminare la natura dell'estradosso.

Dall'equazione (10) si riconosce che al punto B, ossia alla chiave dove $x = s$ lo spessore dell'arco è s.

L'equazione (9), esprimendo cos. α in x, diverrà:

$$x' = x + a - (a + s) \frac{r^3}{(r + s - x)^3}$$

Il valore di x' cresce al crescere di x fino ad un certo punto, poi diminuisce, diventa negativo e diviene $-\infty$ quando $x = r + s$. Differenziando il valore di x' rispetto ad x, verrà:

$$dx' = dx - 3\,(a + s) \frac{r^3}{(r + s - x)^4}\, d\,x$$

ed il massimo valore di x' sarà dato dall'equazione:

$$1 - 3\,(a + s) \frac{r^3}{(r + s - x)^4} = o$$

da cui si ricava

$$x = r + s - \sqrt[4]{3\,(a+s)\,r^3}\,,$$

e questo sarà il valore di $Q\,M_{,}$. Esso corrisponde a quello di

$$E\,Q = \sqrt{r^2 - r\sqrt{3\,(a+s)\,r}}$$

Il valore di x' massimo, ossia $QM'_{,}$, sarà per conseguenza

$$QM'_{,} = a + r + s - \sqrt[4]{3(a+s)r^3} - \sqrt[4]{\frac{(a+s)r^3}{27}}$$

$$= a + r + s - \frac{4}{3}\sqrt[4]{3(a+s)r^3}.$$

Dunque

$$M_{,}M'_{,} = QM_{,} - QM'_{,} = \sqrt[4]{\frac{(a+s)r^3}{27}} - a.$$

Al punto $M_{,}$ la tangente facendo coll' orizzontale un angolo α, sarà:

$$\text{tang. } \alpha = \frac{y}{r+s-x} = \frac{\sqrt{r^2 - r\sqrt{3(a+s)r}}}{\sqrt[4]{3(a+s)r^3}} = \sqrt{\sqrt{\frac{r}{3(a+s)}} -}$$

Se si vorrà, per esem., che l'estradosso dell'arco quando $\alpha = 60^o$ non abbia porzione ascendente della curva, ossia porzione della curva M', U, bisognerà determinare la relazione fra s ed r, affinchè il punto $M'_{,}$ più basso dell' estradosso sia sulla verticale che passa pel punto $M_{,}$ che segna l' arco di 60°. Si avrà perciò

$$\text{tang. } \alpha = \sqrt{3}$$

e quindi

$$\sqrt{3} = \sqrt{\sqrt{\frac{r}{3(a+s)}} - 1}$$

da cui si ricava

$$r = 48\,(a+s).$$

Già si sa che lo spessore $M' M_,'$ dell'arco in questo punto è $8(a+s) - a_,$ e mettendo il valore di $a+s$ espresso in r, lo spessore stesso prenderà il valore $\frac{r}{6} - a$.

Quando il rapporto fra r ed $a+s$ è maggiore di 48 il punto infimo $M_,'$ si trasporta in giù, ed il punto $M_,$ segna un arco maggiore di 60.° Se supponiamo che il punto $M_,$ discenda fino all'imposta C' allora lo spessore dell'arco sarebbe nullo. Ma se il rapporto di r ad $a+s$ scema, il punto $M_,'$ s'innalza e si accosta nello stesso tempo al punto superiore E della chiave, e da questo punto l' estradosso comincierebbe ad innalzarsi tangenzialmente all'orizzontale. Questo punto sarà quello in cui $E\,Q = o$, ciò che dà l'equazione

$$r^2 - r\sqrt{3(a+s)\,r} = o$$

da cui trarremo

$$r = 3\,(a+s)\ .$$

Questo valore soddisfa pure all' equazione che si ottiene facendo $Q\,M_,' = o$; infatti si avrebbe, facendo $a+s = m\,r$,

$$(m+1)^4 = \left(\frac{4}{3}\right)^4 3\ m$$

equazione a cui si sodddisfa con $m = \frac{1}{3}$.

Continuando a decrescere il rapporto $\frac{r}{a+s}$, l'estradosso comincierà dalla verticale che passa per la chiave ed a punti sempre più elevati, e con direzioni iniziali sempre più inclinate alla verticale stessa. Ma in questi casi non si avrebbe più propriamente un arco nel senso in cui si prende, cioè quello in cui la chiave sia una piccola parte del raggio r dell' intradosso; e la tenacità dei cementi nella massa superiore prenderebbe la prevalenza sull'azione meccanica del peso delle parti in cui si potrebbe supporre scomposta, e si sarebbe nel caso di un vôlto fra due pilastri sopportante con essi un assai alto muro di egual lun-

ghezza del vôlto. Qual parte di muro sopporti questo vôlto non è ancora determinata finora.

16. Al n. 15 il ricarico a può differire da s come succede nei casi comuni, ma succede eziandio che il carico sul vôlto sia grande, per esempio, quando un vôlto sostiene un'alta terrapienatura od un corpo rilevante d' acqua, e lo spessore s è assai piccolo in relazione all' altezza a del peso soprastante. In questo caso si può cercare il minimo spessore s che si possa assegnare alla chiave del vôlto, e siccome il carico soprastante è assai elevato, a sarebbe pur grande, e la formola (10) determinerà i varii spessori dell' arco fino all'angolo di 60.° Il modo di determinare il minimo spessore s può applicarsi a vôlti di qualunque forma di estradosso sopportanti pesi uniformemente distribuiti; vedremo in seguito come si determini questo spessore nei vôlti soggetti a sopportare forti carichi sui loro fianchi.

La pressione orrizzontale che si esercita sulla chiave è espressa da $p\,r\,(a+s)$; se vorremo che la superficie premuta $s \times 1$ della chiave non sopporti una pressione maggiore di π per unità quadrata, il limite superiore di questa pressione è $\pi\,s$; dunque bisognerà avere

$$p\,r\,(a+s) < \pi\,s\,,$$

da cui

$$s > \frac{p\,r\,a}{\pi - p\,r} > \frac{r\,a}{\frac{\pi}{p} - r} \qquad (11)$$

Si può ritenere in media al limite dello schiarimento

per vôlti in mattoni rossi		$\pi = 600{,}000$,	$p = 2000$
» » » granito	»	$\pi = 6{,}000{,}000$,	$p = 2750$
» » » calcare	»	$\pi = 3{,}300{,}000$,	$p = 2500$

Se si vorrà calcolare la chiave per un valore di R che sia un limite massimo di sicurezza, allora i valori di R saranno un decimo dei numeri riportati, come d'uso comune.

Allorquando il vôlto ha un sopracarico fisso a ed un altro accidentale a'' da sopportare, allora dalla formola (11) si ha

$$s > \frac{(a' + a'')\, r}{\frac{R}{r} - r}$$

17. La superficie dell'arco equilibrato fino a 60°, ritenendo il valore di tang. α del N.° 15, sarà

$$S = \frac{A}{p} \sqrt{\sqrt{\frac{r}{3\,(a+s)}} - 1} - a\,c$$

$$= r\,(a+s) \sqrt{\sqrt{\frac{r}{3\,(a+s)}} - 1} - a\,c$$

Il peso dell'arco coll' aggiunta del sopracarico sarà P tang. α, ossia

$$A \sqrt{\sqrt{\frac{r}{3\,(a+s)}} - 1}\,,$$

e così si avranno gli elementi sufficienti per calcolare la sua azione sui piedritti.

Se non si tien conto dell'azione del peso del vôlto e del suo carico che tende a rendere più stabili i piedritti, chiamando h l'altezza del punto su cui la spinta A si esercita, sopra la base dei piedritti, e x lo spessore di questi, e supposto che essi siano composti di materiali uguali a quelli del vôlto, si avrà per lo equilibrio attorno all' angolo esterno della base dei piedritti

$$p\,r\,(a+s)\,h = p\,h\,x\,\frac{x}{2}$$

da cui

$$x = \sqrt{2\,r\,(a+s)}$$

Quest' espressione dà luogo ad una semplice costruzione grafica, ed anche si accorda assai bene coi risultati che in casi simili si riscontrano in varii ésempi di autori che trattano dei vòlti. Se in certi casi speciali si dovesse tener conto del peso dell'arco, e del suo carico, allora si deve introdurre il coefficiente di stabilità.

Si vedrà inoltre che questa formola vale ancora per una curva qualunque dell'intradosso, purchè per r si prenda il suo raggio di curvatura alla chiave.

18. In tutte le posizioni che occupa il punto infimo M_1' da C fino ad E v' ha quella in cui per la relazione che potesse esistere fra $a+s$ ed r l'altezza $Q\,M'$, fosse nulla, e questa corrisponde al punto E. V' ha eziandio il punto S dove la curva di estradosso taglia l'orizzontale $E\,K$, e dove $x'=o$, ma questo non corrisponde ad un valore massimo di x' cioè ad un punto in cui la tangente all'estradosso è orizzontale. Dunque finchè $a+s$ ha un valore inferiore ad $\frac{r}{3}$, il punto M_1' sarà sempre al di sotto dell'orizzontale $E\,K$. Supponiamo che a sia tale che M_1' coincida col punto E; come si disse, l'estradosso comincia tangenzialmente al punto E e l' innalza tendendo alla verticale $C\,V$, la quale gli sarà assintotica. Gli spessori x' contati dalla retta orizzontale $E\,y$ saranno tutti negativi, e sopra il punto dell'arco che segna 60.° si avrà pure, come al N.° 14, quando $a+s=\frac{r}{3}$,

$$X=x-x'=8\,(a+s)-a=\frac{8\,r}{3}-a=\frac{7\,r}{3}+s.$$

In generale avremo dalla formola (10)

$$x'=x+a-(a+s)\,\frac{r^3}{(r+s-x)^3} \qquad (12)$$

ed al punto S dove l'estradosso $E\,M_1'\,U$ incontra l'orizzontale $E\,y$ sarà pure $x'=o$, ciò che dà l' equazione di 4.° grado

$$(r+s-x)^3\,(x+a)=(a+s)\,r^3$$

che farà conoscere il valore di x corrispondente.

Se nell'equazione (12) faremo $a + s = \frac{r}{3}$, si avrà

$$x' = x + \frac{r}{3} - s - \frac{r^4}{3(r + s - x)^3} \qquad (13)$$

Al punto che segna i 60° si ha $x = s + \frac{r}{2}$, e sostituendo nel precedente valore di x' avremo

$$x' = -\frac{11}{6}\, r.$$

Quando l'estradosso passa l'orizzontale EK, siccome in parte accade nei casi in cui $a + s$ ha un valore fra $\frac{r}{3}$ ed $\frac{r}{48}$, non si può collocare sull'orizzontale stessa, e su tutta la sua lunghezza un carico uniforme di spessore a (trascurando, come si disse, il peso del riempimento fra l'orizzontale e l'estradosso). Ma i valori di x' indicando le altezze da assegnarsi sopra l'orizzontale EK ad ogni punto dell'estradosso segnano la legge che deve seguire la distribuzione dei pesi sull'orizzonte EK affinchè l'arco dell'intradosso si mantenga circolare. Se non si può fare altra distribuzione di pesi sulla EK o Ey che l'uniforme, allora bisogna abbandonare l'idea di avere un intradosso circolare, e farlo in forma logaritmica come è detto alla sez. 2. Togliendo quindi il sopraccarico a, ossia facendo $a = o$, e sostituendovi quello ad altezze variabili date dall'equazione (12) l'intradosso rimarrà circolare. Ma si faccia attenzione che la parte dell'arco equilibrato fra l'estradosso EU e l'orizzontale Ey è supposta di peso specifico uguale a quello del vôlto. Se la materia da soprapporvi è di peso specifico p'' l'altezza del carico al punto corrispondente a x' sarebbe $x' \frac{p}{p''}$. Di qui si ha una norma di caricare i vôlti circolari in modo che la curva dell'intradosso non soffra alterazione; e chiamando x'' la nuova altezza a surrogarsi ad x', sarà nel caso della formola (13)

$$x'' = \frac{p}{p''}\left(x + \frac{r}{3} - s - \frac{r^4}{(r+s-x)^3}\right)$$

Si può con questa formola fare una curva quotata che indicasse la distribuzione dei pesi a chi fosse incaricato della loro distribuzione in magazzini su vôlti circolari. Nel supposto di $a = o$ si ha $s = \frac{r}{3}$, e la formola (13) diviene

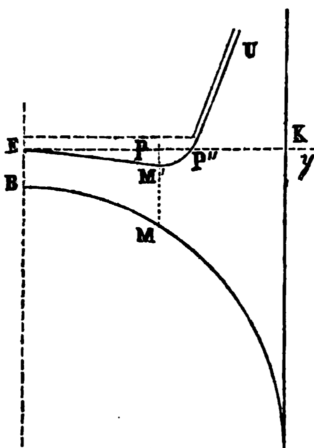
$$x'' = \frac{p}{p''}\left(x - \frac{r^4}{3\left(\frac{4r}{3} - x\right)^3}\right)$$

Se $a + s = \frac{r}{i}$ nei limiti di $i = 3$ ed $i = 48$ si avrà in genere

$$x' = x + \frac{r}{i} - s - \frac{r^4}{i\,(r+s-x)^3}\,,\quad x'' = \frac{p}{p''}\,x'.$$

In questo caso generale dal punto E (fig. 5) il vôlto può essere caricato uniformemente sull'altezza a fino al punto P'' in cui l'estradosso taglia l'orizzontale $E\,y$, e quindi seguitar questo sulla curva $P''\,U$. Se $a = o$, allora non v'ha sopracarico da E fino a P'', nè sulla curva $P''\,U$.

Figura 5.ª



Se fosse dato il peso P' totale del carico a distribuirsi sulla orizzontale $E\,K$ colla legge data dalla formola (12) o da altra delle successive, si vedrà che essendo c la semicorda dell'arco, si avrà

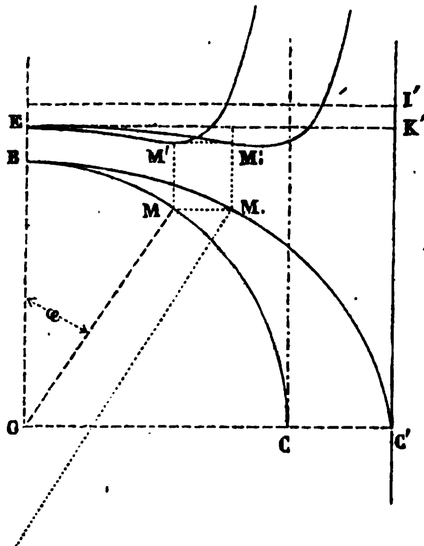
$$P' = p\int_{c'}^{c} x'\,d\,y$$

dove c' è l'ordinata del punto P''. Si otterrà così P' in funzione di s, r, c, c', e se ne dedurrà il valore di $s + a$, ed avrassi la chiave s corrispondente alla relazione

$$\frac{1}{i} = \frac{a+s}{r}.$$

19. Quando l'intradosso ha una forma ellittica, si faccia (fig. 6) il semiasse maggiore $OC' = r$, il minore $OB = c$, la sua equazione riferita agli stessi assi delle coordinate $E\,x$, $E\,y$ sarà

Figura 6.ª



$$y^2 = \frac{c^2}{r^2}(x - s) \times$$

$$\times\ (2r + s - x).$$

Dunque i valori di y nell'ellisse sono uguali a quelli del circolo per uno stesso valore di x, moltiplicati per $\frac{c}{r}$. Segue di qui che tutte le quantità calcolate pel circolo, nelle quali non entra che x sono pure le stesse per l' ellisse. Onde tutto ciò che si disse pel circolo s'intende pure detto per l'ellisse: solamente i valori di y mutano nella ragione di $c : r$. Si otterranno dunque i punti relativi all'ellisse facendo la figura relativa al circolo $B\,M\,C$, indi conducendo da un punto M l'orizzontale fino all' incontro in $M_,$ coll'ellisse, questo punto sarà quello che su questa curva si considera; condotta da questo punto una verticale si guiderà dal punto M' una orizzontale fino al suo incontro in $M_,'$, e questo punto sarà quello dell'estradosso corrispondente al punto $M_,$.

Così non mi occuperò ulteriormente della curva ellittica, ed indicherò soltanto l'espressione del raggio di curvatura R. Se si fa $\frac{dx}{dy} = k$, si ha

$$R = \left[\left(\frac{1 + k^2}{c^2 + r^2 k^2} \right)^{\frac{3}{2}} c^2 r^2 \right]$$

Quindi il raggio di curvatura alla chiave sarà $\frac{r^2}{c}$.

Se l'intradosso fosse la parabola $y^2 = 2\,p\,x$, si avrebbe $A = p\,(a + s)\,\frac{c^2}{2f}$ (V. N.° 4).

(Continua).

Ing. P. Seggiaro.

F. BRIOSCHI, *Direttore e Gerente risponsabile.*

Serie IV.ª — Vol. II.º fasc. V. — Novembre 1866.

IL POLITECNICO.

MEMORIE.

TEORIA ELEMENTARE DELLE TRAVATURE ED ARMATURE RETICOLARI.

(Continuazione. — Vedi *Politecnico*, fascicolo tecnico dell'ottobre, pag. 287).

La ricerca del volume teorico d'una travatura ha un doppio scopo: quello cioè di confrontare tra loro le diverse disposizioni in un dato sistema onde rilevare quale sia la più economica per riguardo alla quantità di metallo necessario, e quello di dedurne approssimativamente il costo della costruzione. Essendo il costo d'una travatura necessariamente proporzionale al suo volume, ne risulta l'utilità di conoscere il volume medesimo per una travatura di data forma e sottoposta a carichi determinati, onde valutare la quantità di materia occorrente ed aver così un criterio sulla valutazione della spesa.

Ma è bene avvertire che il volume teorico dedotto dalle formole, volume che sarà effettivamente quello necessario e sufficiente a produrre e mantenere l'equilibrio della travatura nelle condizioni considerate, non potrà però mai uguagliare il volume effettivo della travatura costruita. Infatti: prescindendo anche dalla considerazione che le condizioni di equilibrio precalcolate ponno venire più o meno modificate nella trave costruita, da cause di cui difficilmente il calcolo può tenere esatto conto, come le vibrazioni prodotte dal passaggio dei treni e gli sbalzi di temperatura, vi sono molte circostanze

per le quali il costruttore, non può attenersi strettamente alle dimensioni dedotte dal calcolo, sia per ragioni estetiche sia per ottenere la necessaria rigidezza nei collegamenti, nelle giunture, sia finalmente anche per riguardi economici.

Se consideriamo dapprima le Tavole costituenti l'estradosso e l'intradosso della travatura, esse compongonsi di lamiere per le quali l'economia vuole che abbiano le medesime dimensioni in lunghezza e spessore, ed è mediante la sovrapposizione delle medesime in numero sufficiente, che si ottengono gli aumenti di sezione necessarii di tronco in tronco della trave medesima: ma difficilmente accadrà che la legge di variazione dei momenti sia precisamente soddisfabile colla sovrapposizione di lamiere di ugual spessore, e certo conviene piuttosto abbondare che non rimanere in difetto di materia sulle dimensioni date dal calcolo. Se poi la travatura è a parete verticale piena, la legge di variazione dei momenti è continua, quindi dovrebbe esser continua anche la variazione della sezione trasversa delle tavole, ciò che è impossibile di attuare in pratica. Ne risulta perciò, qualunque siasi la parete verticale, un primo eccesso di materia, che converrà però possibilmente ridurre al minimo.

Ciò per riguardo allo spessore. Nel senso longitudinale poi, le lamiere dovendo essere congiunte a bullonatura, perchè le unioni siano rigide, e le due lamiere contigue diventino solidali, come se fossero una sola, è necessario di far uso di lastre di ricoprimento che prendano da una parte e dall'altra, per alquanti centimetri le estremità delle due lamiere: e ciò produce necessariamente un nuovo eccesso di materia.

Se poi consideriamo la parete verticale della travatura, si presentano circostanze consimili, anzi di maggior rilievo, per le quali il volume pratico della travatura, diventa notevolmente maggiore del teorico. E prima di tutto, quelle barre del traliccio sulle quali teoricamente non ha luogo sforzo alcuno, dovrebbero ommettersi, a danno dell'aspetto e della rigidezza dell'insieme: nè, trattandosi d'un graticcio multiplo sarebbe conveniente al costruttore, sotto l'aspetto economico, di seguire esattamente colle sezioni delle barre le leggi di variazione degli sforzi massimi sui medesimi: oltre all'obbligare all'impiego d'un grandissimo numero di barre di diversa sezione trasversale, implicherebbe un lavoro di particolari assai più lungo e perciò più costoso.

Il costruttore trova, all' atto pratico, assai più conveniente di dividere il numero totale delle barre del traliccio in gruppi, possibilmente composti dell' egual numero di barre, e di assegnare

a ciascuna di quelle comprese in un gruppo, la medesima sezione trasversa, dedotta da quella che spetterebbe alla più tesa o più compressa di ciascun gruppo. Se poi la travatura è di notevoli dimensioni, questo aumento di volume nella parete verticale diventa poi anche necessario a produrre quella rigidezza della medesima che impedisca le deformazioni traversali che ponno risultare da violente bufère od altre cause accidentali, e colle quali la travatura è assoggettata a sforzi non precalcolati.

Abbiamo osservato che l' ufficio principale delle aste verticali o montanti, è quello di ripartire uniformemente le pressioni su tutta la sezione, poichè i traversi portanti il palco sono assicurati ai medesimi: a questi montanti si assegna d'ordinario una sezione trasversa maggiore di quella sufficente a reggere alle forze verticali, poichè è ad essi che vengono anche assicurati i legamenti trasversali che debbono rendere solidi tra loro le singole travature d' una stessa travata: si compongono d' ordinario di ferri a T riuniti di fianco al traliccio mediante ferri d' angolo: i montanti medesimi poi non vengono ommessi neppure nei graticci multipli.

Tutte queste cause riunite, fanno sì che il volume effettivo d'una travatura costruita supera necessariamente d' una quantità più o meno grande, il volume teorico desunto dai massimi sforzi che ponno esercitarsi su ciascun membro nelle condizioni d'equilibrio calcolate, cosicchè conviene moltiplicare il volume dedotto dalle formole, con un coefficente maggiore dell' unità, desunto dall'esame di travature simili già costruite (1).

Ma se dal complesso delle considerazioni precedenti, taluno fosse indotto alla convinzione che il costruttore possa far senza delle formole, perchè i loro risultati devono all' atto pratico più o meno modificarsi, sarebbe in grave errore. Lo sviluppo maraviglioso delle costruzioni ai nostri giorni, ed il progresso continuo che le anima, non è dovuto ad altro che al fecondo accordo tra la scienza e la pratica, che costituisce il vanto delle applicazioni della Meccanica.

Gli studii numerosi, le continue ricerche sperimentali, i migliorati processi di fabbricazione, l' accuratezza sempre maggiore del lavoro, sono tutte cause che cospirano incessantemente ad avvicinare le esigenze della pratica ai risultati teoretici: poichè, mentre da una parte lo studio delle cause deformatrici, le rende assoggettabili ad un calcolo sempre più pro-

(1) Sui valori di questi coefficenti vedasi specialmente GOUDARD *Etudes comparatives sur les Ponts en fer.*

bilmente vero, dall'altra, le pratiche esperienze danno una conoscenza ed una fede sempre maggiore dei materiali da impiegarsi e del modo di impiegarli, cosicchè dall' insieme di questi sforzi ne deve scaturire l' unità dei risultati.

La ricerca generale dei volumi teorici delle travature, non è veramente argomento che si confaccia molto all' indole d' un periodico, essendo piuttosto di spettanza di un trattato speciale, poichè le formole che se ne deducono sono, se non complicate, abbastanza lunghe da calcolare: ci limitiamo per questo all' analisi dei sistemi a tavole parallele e rettilinee, aggravate uniformemente su tutta la loro lunghezza, onde confrontare i rispettivi volumi a seconda del numero degli intervalli e delle disposizioni delle parti componenti la parete verticale. Ma come il metodo tenuto è lo stesso che dovrebbe seguirsi per l' analisi di qualunque altro sistema, esso servirà di traccia per ricerche analoghe e con ciò soddisfacciamo per questa parte lo scopo che ci eravamo proposti.

Consideriamo una travatura a tavole parallele rettilinee e a diagonali semplici, disposte simmetricamente rispetto la sezione media, aggravata uniformemente su tutta la lunghezza da un carico p per metro lineare. Siano h e γ l' altezza della trave, e l'angolo delle saette coll'orizzontale. Essendo d l'ampiezza di ciascun intervallo ed l la lunghezza totale, sarà $\frac{l}{h \cot. \gamma}$ il numero degli intervalli. A ciascun vertice essendo applicato il peso corrispondente ad un intervallo, sarà $pd = ph \cot. \gamma$ il carico di ciascuno. Il numero dei vertici carichi essendo $\frac{l}{h \cot. \gamma} - 1$, il carico complessivo di tutti i vertici, esclusi gli appoggi, sarà:

$$\frac{l - h \cot. \gamma}{h \cot. \gamma} ph \cot. \gamma = p (l - h \operatorname{cotg.} \gamma)$$

Quindi le reazioni degli appoggi

$$F_0 = F_1 = \frac{p}{2} (l - h \cot. \gamma$$

Sostituiti questi valori nelle equazioni generali

$$F_x = F_o - p\,x;\quad M_x = d\left[F_0\,x - x\,\frac{(x-1)}{2}\,p\right] = h\,N_{x-1}$$

si hanno le

$$(1)\qquad F_x = \frac{p}{2}\,(l - h\ \text{cot.}\ \gamma) - p\ x\ h\ \text{cot.}\ \gamma$$

$$(2)\quad M_x = hN_x = h\ \text{cot.}\gamma\left[\frac{p}{2}(l - h\ \text{cot.}\ \gamma.\ x - \frac{x(x-1)}{2}\ p\ h\ \text{cot.}\ \gamma\right]$$

e per conseguenza

$$M_{x-1} = hN_{x-1} = h\ \text{cot.}\gamma\left\{\begin{array}{l}\frac{p}{2}\,(l - h\ \text{cot.}\ \gamma)\ (x-1) - \\ \frac{(x-1)\,(x-2)}{2}\,p\ h\ \text{cotg.}\ \gamma\end{array}\right\}$$

Si voglia ora il volume teorico totale della travatura, qualunque sia γ. La sezione trasversa di ciascun membro essendo proporzionale allo sforzo, se si moltiplica la sua lunghezza per lo sforzo corrispondente, si avrà una quantità che, a meno d'un fattore costante, rappresenterà il volume dell' elemento medesimo. Poichè la trave è simmetrica basterà trovare il volume della sua metà.

1.° In quanto alle aste, lo sforzo agente su ciascuna è dato dalla forza tagliante, corrispondente sulla medesima, la quale è costante per tutto l'intervallo destro: quindi lo sforzo agente su tutte le aste della semitravatura prese insieme, sarà dato dalla somma dei valori di F_{x-1} corrispondenti a tutti i vertici: ma il numero degli intervalli potendo essere pari o dispari, bisogna distinguere i due casi.

Il numero degli intervalli sia pari. Allora F è nullo per l' asta media: ed ommettendola, lo sforzo totale richiesto sarà uguale alla somma dei valori di F_{x-1} che si hanno facendo

$$x = 1.\ 2\ \dots\ \frac{l}{2\,h\ \text{cot.}\ \gamma}\quad .\ \text{Sia}\ \frac{l}{2h\text{cot.}\gamma} = a$$

Quindi ponendo per F_{x-1} il suo valore dedotto dalla (1), eseguendo la sommatoria e riducendo, si ha

$$\sum_1^a F_{x-1} = \frac{p\,l^2}{8\,h}\ \text{tang.}\ \gamma$$

E perciò la sezione trasversa di tutte le aste prese insieme è proporzionale a $\frac{p\,l^2}{8\,h}$tang. γ, ed essendo h la lunghezza di ciascuna, il loro volume complessivo sarà proporzionale ad

$$h \times \frac{p\,l^2}{8\,h}\ \text{tang.}\ \gamma = \frac{p\,l^2}{8}\ \text{tang.}\ \gamma \qquad (3)$$

Se il numero degli intervalli è dispari, F è nullo per tutto lo intervallo medio, quindi nullo anche sulle due aste che lo comprendono: ommettendo perciò l'asta del semi intervallo medio, il valore cercato sarà la somma dei valori che si hanno da F_{x-1} facendovi

$$x = 1.\ 2.\ 3\ \dots\ \frac{l - h\,\text{cot.}\,\gamma}{2\,h\ \text{cot.}\ \gamma}\ .\ \text{Sia}\ \frac{l - h\ \text{cot.}\,\gamma}{2\ h\ \text{cot.}\ \gamma} = b.$$

E poichè

$$\sum_1^b F_{x-1} = \frac{p\,l^2}{8\,h\ \text{cot.}\ \gamma} - \frac{1}{8}\,p\,h\ \text{cot.}\ \gamma$$

il volume complessivo delle aste per la semitravatura, sarà in allora proporzionale a

$$h\left[\frac{p\,l^2}{8\,h}\text{tang.}\,\gamma-\frac{p\,h}{8}\text{ cot. }\gamma\right] \qquad (3')$$

2.° La resistenza delle saette, è, com' è noto, nell' intervallo x^{mo}, $\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}\,\gamma}$ quindi per intervalli di numero pari, la somma delle sezioni trasverse di tutte le saette comprese nella semitravatura sarà dato da

$$\sum_1^a F_{x-1}=\frac{p\,l^2}{8\,h}\text{ tang.}\,\gamma$$

alla quale quantità dovrà essere proporzionale: e per intervalli in numero dispari, dovrà essere invece proporzionale a

$$\frac{p\,l^2}{8\,h\cos.\gamma}-\frac{p\,h\cos.\gamma}{8\text{ sen.}^2\gamma}$$

Ma la lunghezza d'ogni saetta essendo $\frac{h}{\text{sen.}\,\gamma}$, il loro volume sarà per intervalli pari, proporzionale a

$$h\times\frac{p\,l^2}{8\,h\text{ sen.}\,\gamma\cos.\gamma} \qquad (4)$$

e per intervalli dispari

$$h\left[\frac{p\,l^2}{8\,h\text{ sen.}\,\gamma\cos.\gamma}-\frac{p\,h\cos.\gamma}{8\text{ sen.}^3\gamma}\right] \qquad (4')$$

3.° Passiamo alle tavole. In un intervallo qualunque, lo sforzo che si esercita sulle due prese insieme, è N_x+N_{x-1} quantità a

cui la loro sezione dovrà essere proporzionale, mentre il loro volume lo sarà a

$$h \cot. \gamma \; (N_x + N_{x-1})$$

Il loro volume totale per la semitravatura sarà dato dalla somma dei valori di $(N_x + N_{x-1})$ da $x = 1$ ad $x = \frac{l}{2\,h \cot. \gamma}$ e ciò tanto se il numero degli intervalli è pari, quanto se è dispari.

Poniamo ancora $\frac{l}{2\,h \cot. \gamma} = a.$

$$\Sigma\, x_0 = \frac{l}{2\,h \operatorname{cotg}. \gamma} \qquad \Sigma\, x = \frac{l\,(l + 2\,h \cot. \gamma)}{8\,h^2 \cot.^2 \gamma}$$

$$\Sigma\, x^2 = \frac{l\,(l + 2\,h \cot. \gamma)\,(l + h \cot. \gamma)}{24\,h^3 \cot.^3 \gamma}$$

coi quali valori e con quelli di N_x ed N_{x-1} precedentemente trovati, si ottiene

$$\sum_1^a (N_{x-1} + N_x) = \frac{p\,l^3}{12\,h^2 \cot. \gamma} - \frac{p\,l \cot. \gamma}{12}$$

e quindi il volume della tavola sarà proporzionale a

$$h \cot. \gamma \quad \sum_1^a (N_{x-1} + N_x) = \frac{h}{12}\left[\frac{p\,l^3}{h^2} - p\,l \cot.^2 \gamma\right] \quad (5)$$

Sommando quindi le (3) (4) (5) da una parte, e le (3′) (4′) (5) dall'altra, si avrà il volume totale della semitravatura per numero pari di intervalli proporzionale a

$$(a) \quad h\left[\frac{p\,l^2}{8\,h}\left(\frac{1}{\text{sen.}\gamma\cos.\gamma}+\text{tang.}\gamma\right)+\frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2}-\cot.^2\gamma\right)\right]$$

e per un numero dispari d'intervalli, la

$$(b) \quad h\left\{\begin{array}{c}\frac{p\,l^2}{8\,h}\left(\frac{1}{\text{sen.}\gamma\cos.\gamma}+\text{tang.}\gamma\right)+\frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2}-\text{cotg.}^2\gamma\right)- \\ \frac{1}{8}\,p\,h\,\cot.\gamma\left(1+\frac{1}{\text{sen.}^2\gamma}\right)\end{array}\right\}$$

Il numero di intervalli della travatura essendo $\frac{l}{h\cot.\gamma}=\frac{l}{h}\text{tang.}\gamma$, nella (a) si porrà $\frac{l}{h}\text{tang.}\gamma=2.\,4.\,6.$ ecc., nella (b) $\frac{l}{h}\text{tang.}\gamma=1.\,3.\,5.$ ecc., e se ne dedurrà tang. γ.

Applicazione. Siano $l=10$, $h=1$, $p=1$. Le superiori diventano

$$12,5\left[\frac{1}{\text{sen.}\gamma\cos.\gamma}+\text{tang.}\gamma\right]+83,33-0,833\,\text{cotg.}^2\gamma$$

per intervalli pari, e

$$12,5\left[\frac{1}{\text{sen.}\gamma\cos.\gamma}+\text{tang.}\gamma\right]+83,33-0,833\,\text{cotg.}^2\gamma-$$

$$0,125\,\text{cotg.}\gamma\left(1+\frac{1}{\text{sen.}^2\gamma}\right)$$

per intervalli dispari. Queste danno i risultati seguenti:

per intervalli N.°	2 $\gamma = 11.° 19'$	Volume totale	260, 00
»	3 $\gamma = 16.° 42'$	della travatura	238, 44
»	4 $\gamma = 21.° 49'$	· ·	238, 70
»	5 $\gamma = 26.° 34'$		231, 98
»	6 $\gamma = 30.° 58'$		233, 68
»	7 $\gamma = 35.°$		232, 52
»	8 $\gamma = 38.° 40$		235, 30
»	9 $\gamma = 42.°$		236, 46
»	10 $\gamma = 45.°$		240, 00

Il minimo ha dunque luogo per $\gamma = 26.° 34.°$ ossia nell'inclinazione di uno d'altezza per due di base, che è l'ordinaria da noi per puntoni delle capriate. Il Lentz, che trova numericamente e separatamente i volumi superiori e che ottiene cifre identiche colle nostre, dichiara che il minimo ha luogo per $\gamma = 35.°$ ossia per 7 intervalli: ha però ommessa l'analisi della travatura a cinque intervalli corrispondenti a $\gamma = 26.° 34.°$ (1)

Consideriamo ora varie travature (fig. 17, 18, 19, 20, fasc. d'ottobre) di uguali dimensioni ed ugualmente caricate, divise pure in egual numero di intervalli e varianti solo nella disposizione delle aste e delle saette. Si voglia conoscere quale tra esse sia la più economica per rispetto alla necessaria quantità di metallo.

Converrà trovare il volume corrispondente ad un intervallo qualunque, per ciascuna delle disposizioni. Avremo pei sistemi a semplice saetta (fig. 17, 18) il volume della saetta dell'intervallo x^{mo} proporzionale a

$$\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}\,\gamma}\, s_x = \frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}\, h :$$

il volume delle tavole proporzionale a $(N_x + N_{x-1})\, h \cot.\, \gamma$ ed il volume delle aste a $(F_{x-1} + F_x)\frac{h}{2}$. Quindi il volume totale dei membri dell'intervallo x^{mo} sarà proporzionale a

(1) Hugo Lentz. *Die Balkenbrücke von Schmideeisen.*

$$h\left[\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}+(N_{x-1}+N_x)\text{ cot. }\gamma+\frac{1}{2}(F_{x-1}+F_x)\right](m)$$

Per la terza disposizione, cioè a saette incrociate e montanti, il volume delle saette è proporzionale a $\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}h$: quello delle tavole a $(N_x+N_{x-1})\,h\text{ cot. }\gamma$, e quello delle aste a

$(F_{x-1}-F_{x+1})\frac{h}{2}$ e perciò in totale

$$h\left[\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}+(N_x+N_{x-1})\text{ cot. }\gamma+\frac{1}{2}(F_{x-1}-F_{x+1})\,h.\right.$$

Confrontando le quali, si vede che il volume per le tavole e per le saette, è il medesimo nelle tre disposizioni, mentre quello delle aste è minore nella terza, la quale è per conseguenza la più economica tra le esaminate finora.

Confrontiamo ora la terza colla quarta disposizione, cioè con quella a doppie saette senza montanti: il volume delle saette di quest'ultima è ancora proporzionale a $\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}h$.

Quanto al volume delle tavole, si ha sommando (p) (q) (pag. 547 fasc. di Giugno).

$$h\text{ cot. }\gamma\left[\frac{1}{4}(N_{x-1}-N_{x+1})+N_x+\frac{1}{4}(3N_{x-1}+N_{x+1})\right]=$$

$$(N_{x-1}+N_x)\,h\text{ cot. }\gamma.$$

Quindi in totale

$$h\left[\frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}+(N_x+N_{x-1})\text{ cot. }\gamma\right](p)$$

la quale confrontata colla (n) mostra evidentemente che la disposizione a doppie saette senza montanti è più economica di tutte le precedenti.

Il volume della travatura a doppie saette e montanti, (fig. 19) si deduce facilmente dalle (a) (b). Poichè questa disposizione risulta, come s' è già osservato altrove, dalle due a semplice saetta di direzione opposta, segata ciascuna pel mezzo in un coi loro carichi da un piano verticale di simmetria, cosicchè le due saette colle tavole di ciascun intervallo della fig. 19 hanno insieme pari volume a quello delle saette colle tavole del corrispondente intervallo di una delle disposizioni semplici, a parità di carichi e di dimensioni, avremo dalle (a) (b) che il volume complessivo delle saette e tavole della disposizione fig. 19 sarà, per intervalli di numero pari, proporzionale a

$$h\left[\frac{p\,l^2}{8\,h\,\text{sen.}\,\gamma\cos.\gamma}+\frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2}-\cot.^2\gamma\right)\right]$$

e per intervalli di numeri dispari, a

$$h\left[\frac{p\,l^2}{8\,h\,\text{sen.}\,\gamma\cos.\gamma}+\frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2}-\cot.^2\gamma\right)-\frac{ph}{8}\,\frac{\cot.\gamma}{\text{sen.}^2\gamma}\right]$$

Rimane da aggiungervi il volume dei montanti: lo sforzo su ciascuna delle aste intermedie è la metà del carico del vertice corrispondente (vedi fasc. di Giugno): il carico di ciascun vertice essendo $p\,h\cot.\,\gamma$ ed il numero dei vertici medesimi $\frac{l}{h\cot.\,\gamma}-1$, il volume delle aste intermedie, prese insieme, sarà proporzionale a

$$\frac{1}{2}\left(\frac{l}{h\cot.\gamma}-1\right)p\,h\cot.\,\gamma.\,h=\frac{p\,h}{2}\,(l-h\cot.\,\gamma).$$

Lo sforzo su ciascuna delle aste estreme, corrispondenti agli appoggi è: $\frac{F_0}{2}=\frac{F\,l}{2}$. dunque l'insieme F_0 è proporzionale alla loro sezione complessiva ed il loro volume lo sarà a:

$$h\, F_0 = \frac{p\,h}{2}\,(l - h \text{ cot. } \gamma)\,;$$

quindi il volume di tutte le aste prese insieme, sarà proporzionale a $p\,h\,(l - h \text{ cotg. } \gamma)$. E per conseguenza il volume della semitravatura sarà: per un numero pari di intervalli

$$h\left[\frac{p\,l^2}{8\,h \text{ sen. } \gamma \text{ cos. } \gamma} + \frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2} - \text{cotg.}^2\,\gamma\right) + \frac{p}{2}\,(l - h \text{ cotg. } \gamma)\right]$$

e per un numero dispari

$$h\left\{\begin{array}{c}\dfrac{p\,l^2}{8\,h \text{ sen. } \gamma \text{ cos. } \gamma} + \dfrac{p\,l}{12}\left(\dfrac{l^2}{h^2} - \text{cotg.}^2\,\gamma\right) - \\ \dfrac{1}{8}\,p\,h\,\dfrac{\text{cot. } \gamma}{\text{sen.}^2 \gamma} + \dfrac{p}{2}\,(l - h \text{ cotg. } \gamma)\end{array}\right\}$$

il massimo delle quali corrisponde a $\gamma = 45.°$ La prima per $l = 10$, $h = 1$, $\gamma = 45.°$ dà il volume della semitravatura eguale a

$$107,50 + 4,50 = 112,00$$

e quindi di tutta, 224,00 minimo fra i valori finora trovati.

Le formole (a) (b) danno pur anche il volume d'una semitravatura a doppie saette senza montanti (fig. 20 fasc. d'ottobre) quando si ommetta nelle medesime il termine che rappresenta il volume delle aste, ma vi si aggiunga quello del montante estremo corrispondente sull'appoggio della travatura; esso deve resistere alla componente verticale della saetta $R^o{}_x$ (Vedi fasc. Giugno pagine 549). Ora:

$$R^o{}_x = \frac{1}{4 \text{ sen. } \alpha}\quad (3\,F_{x-1} - F_x)$$

la cui componente verticale è

$$\frac{1}{4}(3\,F_{x-1}-F_x)$$

quindi:

$$\frac{h}{4}(3\,F_{x-1}-F_x)$$

è proporzionale al volume dell'asta medesima, ed il volume della semitravatura sarà per conseguenza proporzionale: per intervalli di numero

pari a

$$h\left\{\frac{p\,l^2}{8\,h\,\text{sen.}\gamma\cos.\gamma}+\frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2}\right)-\text{cotg.}^2\gamma\right)$$

$$+\frac{1}{4}(3\,F_{x-1}-F_x)\Big\}$$

e per intervalli dispari, a

$$h\left\{\frac{p\,l^2}{8\,h\,\text{sen.}\gamma\cos.\gamma}+\frac{p\,l}{12}\left(\frac{l^2}{h^2}-\text{cotg.}^2\gamma\right)-\frac{1}{8}\,ph\,\frac{\text{cot.}\,\gamma}{\text{sen.}^2\gamma}\right.$$

$$\left.+\frac{1}{4}(3\,F_{x-1}-F_x)\right\}$$

essendo:

$$F_{x-1}=F_0=\frac{p}{2}(l-h\,\text{cotg.}\gamma).$$

Applicazione:

Per $l=10$, $h=1$, $\gamma=45^\circ$,

la prima di

$$F_{x-1}=4,5\quad F_x=3,50,$$

quindi

$$12,5\times2+82,50+2,50=110\,.$$

ed il volume di tutta la travatura per conseguenza 220,00, che è ancor minore del precedentemente trovato: quindi fra i varii sistemi presi in esame, quello a doppie saette senza montanti è il più economico; il minimo poi ha luogo come pel precedente, quando $\gamma = 45.°$

Per ultima applicazione, consideriamo una travatura a triangoli isosceli, o Warren, essendo i carichi applicati ai vertici inferiori (V. fig. 21, fasc. d'ottobre).

Abbiamo ottenuto per questa particolare disposizione (Vedi fasc. di giugno, pag. 542)

$$C_{x-1} = N_{x-1};\ T_x = N_{x-\frac{1}{2}};\ S_x = R_x = \frac{F_{x-1}}{\text{sen.}\,\gamma}\ .$$

Il volume delle saette dell'intervallo x^{mo} sarà proporzionale a

$$\frac{2\,F_{x-1}}{\text{sen.}^2\gamma}\,h:$$

quello delle tavole del medesimo intervallo sarà proporzionale a

$$\left\{ N_{x-1} + N_x + N_{x-\frac{1}{2}} \right\} \frac{d}{2};\text{ma}\ \frac{1}{2}d = h\,\text{cot.}\,\gamma'$$

dunque a

$$h\ \text{cot.}\ \gamma' \left\{ 2N_{x-\frac{1}{2}} + N_x + N_{x-1} \right\}$$

ma poichè:

$$N_{x-\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \left\{ N_x + N_{x-1} \right\}$$

ne risulta

$$h\ \text{cot.}\ \gamma' \left\{ 2\,N_{x-\frac{1}{2}} + N_x + N_{x-1} \right\} = 2h\,\text{cotg.}\gamma' \left[N_x + N_{x-1} \right]$$

quindi il volume dei membri compresi nell'intervallo, sarà proporzionale a

$$2h \left\{ \frac{F_{x-1}}{\text{sen.}^2 \gamma'} + \text{cotg.}\, \gamma^1 [N_x + N_{x-1}] \right\}$$

Ed indicando ancora con γ l'angolo coll' orizzonte della diagonale $a\ b$, il volume della semitravatura sarà :

$$(\alpha) \qquad 2\,h \left\{ \frac{1}{\text{sen.}^2 \gamma_1} \sum_1^a F_{x-1} + \text{cotg.}\, \gamma_1 \sum_1^a (N_x + N_{x-1}) \right\}$$

$$\text{nelle quali } a = \frac{l}{2\,h\, \text{cotg.}\, \gamma}$$

Ma abbiamo trovato

$$\sum_1^a F_{x-1} = \frac{p\, l^2}{8\,h\, \text{cot.}\, \gamma}$$

$$\sum_1^a (N_x + N_{x-1}) = \frac{1}{12}\, p\, l \left(\frac{l^2}{h^2\, \text{cotg.}\, \gamma} - \text{cotg.}\, \gamma \right)$$

e poichè

$$\text{cotg.}\, \gamma = 2\, \text{cotg.}\, \gamma' \quad \sum_1^a F_{x-1} = \frac{p\, l^2}{16 \text{cotg.}\, \gamma'}$$

$$\sum_1^a (N_x + N_{x-1}) = \frac{1}{2}\, p\, l \left(\frac{l^2}{2\,h^2 \text{cotg.}\, \gamma'} - 2\, \text{cotg.}\, \gamma' \right)$$

E però la (α) diventa colle sostituzioni

$$2h \left\{ \frac{p\, l^2}{16\, h}\, \frac{\text{tang.}\, \gamma'}{\text{sen.}^2 \gamma'} + \frac{1}{12}\, p\, l \left(\frac{l^2}{2\, h} - 2\, \text{cotg.}^2 \gamma' \right) \right.$$

$$= h \left\{ \frac{p\,l^2}{8h\,\text{sen.}\,\gamma'\cos.\gamma'} + \frac{1}{6}\,p\,l\left(\frac{l^2}{2h} - 2\,\text{cotg.}^2\gamma\right) \right\}$$

che pel caso particolare della precedente applicazione dà 113, 82 per volume della semitravatura, e quindi 227, 64 per quello della totale.

Se la travatura terminasse agli estremi con un semi-intervallo, ma fosse pari il numero dei medesimi (V. fig. 22 fasc. d'ottobre), si otterrebbe in modo analogo, ma con calcolo più lungo, per volume della semitravatura

$$\left\{ \begin{array}{l} h \left\{ \dfrac{p\,l^2}{8h\,\text{sen.}\,\gamma'\cos.\gamma'} + \dfrac{p}{2}\,h\,\text{cot.}\,\gamma'\left(l + \dfrac{1}{\text{sen.}^2\gamma'}\right) \right. \\ \qquad \left. + \dfrac{p\,l^3}{12h^2} - \dfrac{1}{3}\,p\,l\,\text{cot.}^2\gamma' + \dfrac{pl}{2} \right\} \end{array} \right\}$$

Ci rimane solo da aggiungere qualche parola sulla ricerca delle sezioni. Noti i massimi sforzi che si esercitano su ciascun membro d'una travatura e ritenuto che la risultante dello sforzo medesimo sopra un membro qualunque, passi pel centro di figure della sezione della barra, se ne deduce facilmente la sezione trasversa conveniente alla barra medesima. Infatti: se agli estremi di un solido prismatico, la cui sezione trasversale sia S, agiscono nel senso della sua lunghezza due forze direttamente opposte ed uguali P, esse producono sul solido uno sforzo $R = \frac{P}{S}$ per ogni unità superficiale delle sezioni, quindi $S = \frac{P}{R}$. Ossia: se indichiamo con R il limite dei carichi permanenti pel materiale di cui si tratta, riferito all'unità di superficie, vale a dire quello sforzo in chilogrammi che ciascuna unità di superficie della sezione di quel materiale, possa reggere sicuramente e permanentemente, avremo la sezione S da assegnarsi a quel solido espresso nella stessa unità superficiale, sezione che rimarrà costante per tutta la lunghezza del solido. Si osservi però che mentre la formola precedente vale senza eccezione per tutti i casi in cui il solido è sottoposto ad allungamento, non si può usarla in tutti i casi di solidi compressi. Infatti: finchè esso è sottoposto a forze prementi dirette nel senso del suo asse, e si mantiene rettilineo, trovasi nelle medesime condizioni statiche, d'un solido teso, e

quindi vale la formola superiore, poichè, nessun'altra azione è possibile, tranne pressione nel secondo, e tensione nel primo caso: ma se l'asse del solido sotto l'azione della forza premente, devia comunque dalla linea retta, in allora le condizioni di equilibrio del medesimo cambiano, poichè considerando una sua sezione qualunque (fig. 23, fasc. d'ottobre) vedesi che oltre all'azione diretta della forza, evvi quella dovuta al momento della medesima, rispetto la sezione che si considera, e che l'azione di questo momento è massima, dov'è massimo il braccio di leva, cioè nella sezione a cui corrisponde la massima saetta d'incurvamento. All'azione di una forza s'aggiunge dunque in allora quella d'una coppia, cosicchè la pressione unitaria diventa maggiore. Ciò ha luogo quando il rapporto tra la minima dimensione della sezione trasversale del solido e la sua lunghezza, oltrepassi un certo limite, variabile a seconda della natura del materiale e della forma della sezione.

Queste osservazioni si riferiscono più particolarmente ai supporti metallici aggravati verticalmente, poichè nel caso delle travature da ponte, perchè abbiamo ritenuto che i vertici d'incontro della barra agissero come atrettante articolazioni distinte, la lunghezza dei varii tronchi è limitata dall'ampiezza degli intervalli, cosicchè il rapporto tra la minima dimensione della sezione trasversale e la lunghezza del tronco, non è mai tale da dover ricorrere alle formole particolari che s'otterrebbero dallo sviluppo delle precedenti considerazioni. Se il graticcio della parete verticale è multiplo, i punti di incrociamento delle barre salienti colle discendenti, sono altrettanti punti d'appoggio che impediscono le inflessioni delle singole barre, inflessioni che sarebbero inevitabili, quando le medesime fossero isolate su tutta la loro lunghezza.

Se poi il graticcio è semplice, si dà alla sezione delle barre compresse, la forma di ferro d'angolo e quella a *T* più resistente alla flessione delle barre rettangolari.

Però può ritenersi in generale:

1.° Che le barre compresse esigono maggior sezione che non le tese, a parità di sforzi.

2.° Che l'aumento nella sezione trasversa d'una barra compressa, dev'essere tanto più grande quanto maggiore è il rapporto tra la sua lunghezza e la minima dimensione della sezione trasversa che spetterebbe alla medesima se fosse tesa.

Prof. Ing. C. Clericetti.

CONSIDERAZIONI E CALCOLI

SULLA TEORIA DELLA FORMA E SPINTA

DEGLI ARCHI EQUILIBRATI.

(Continuazione: Vedi fasc. di Ottobre, pag. 356).

III. **Curve di pressione, letti dei cunei, spessore alla chiave dei vôlti.**

20. Le formole sovra esposte riguardano l' azione esterna e la forma della massa del vôlto, la quale produce equilibrio sulla curva delle pressioni; vediamo ora come bisognerebbe disporre gli elementi del vôlto perchè l' equilibrio abbia luogo.

Abbiamo trovato al num. 3.

$$P = A \text{ tang. } \alpha, \; T = \frac{A}{\text{cos. } \alpha} .$$

Queste forze P e T si esercitano sovra un punto della curva delle pressioni che è quella che dal punto dell' imposta va al punto della chiave a cui è applicata la pressione orizzontale A, e che noi abbiamo scelta nell' intradosso. Questo rappresenta la sezione di un vôlto sottilissimo che sostiene tutti i pesi che verticalmente sopra incumbono ad ogni suo punto, ed è considerata finora di resistenza illimitata. Ma nella pratica bisogna applicare queste forze ad archi di spessore finito, di cui bisognerà determinare le dimensioni, o le sezioni in ogni suo punto. Così nei ponti pensili la tensione delle gomene o catene è massima al punto di sospensione, e chi voglia tener conto della diminu-

zione della tensione dai punti di sospensione fino ai loro elementi orizzontali, darà alle gomene o catene sezioni proporzionate.

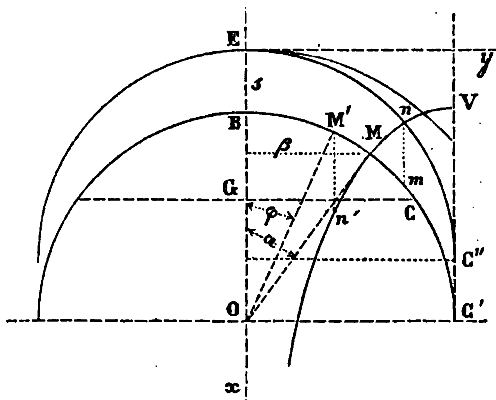
L'arco sottile dell'intradosso, che è la curva delle pressioni in pratica, dovendo avere uno spessore finito, bisognerebbe assegnargli dimensioni, le quali altererebbero la forma e la posizione dell'intradosso. Di più, del peso di quest'arco non si è tenuto conto nelle formole sopra riportate, e la questione diverrebbe assai complicata. Ma invece di supporre l'aggiunta di un arco sotto l'intradosso, io considero, come ho già sopra accennato, che questa curva di pressione si trasporti parallelamente all'insù di una piccolissima parte Δs dell'altezza s; ne risulterà un archetto piccolissimo, li cui spessori verticali sono Δs, e la cui materia sopraincumbente all'intradosso potrà servire a formare gli elementi del vôlto, e conseguentemente il vôlto intiero. In ogni suo punto la spinta orizzontale sarà A, ossia:

$$pr\,(a + \Delta s + s - \Delta s) = pr\,(a + s),$$

e se la sua resistenza fosse illimitata, il suo spesssore verticale Δs basterebbe; solamente bisogna nella sua costruzione avvertire di disporre i suoi elementi (che sono i cunei) in modo che in ogni suo punto le forze P ed A si facciano equilibrio, ciò che si ottiene disponendo normalmente alla curva gli stessi elementi materiali che compongono l'archetto. Così nella supposizione di illimitata resistenza della materia, in qualunque punto dell'altezza s si faccia passare la curva delle pressioni, e comunque sia piccolo il suo spessore si avrà l'arco equilibrato. Se quindi immaginiamo che a partire dall'intradosso si tracciassero gli elementi normali degli archetti in ogni loro posizione per tutto lo spessore di s, ed anche più in su nello spessore di a se bisognasse, tutti questi elementi normali traccieranno delle traiettorie normali a tutte le posizioni che prende la curva d'intradosso. Queste curve sono rappresentate dalle $n'\,Mn\,V$ nella figura 7, dove l'intradosso è circolare. Le traiettorie in questo caso sono identiche alle proiezioni delle curve ortogonali dei letti dei cunei nei ponti obliqui operate sopra il piano delle loro teste. Queste curve si

rappresentano coll' equazione seguente. Sia M (fig. 7) un punto dell' intradosso $B\,C\,C'$, r il raggio, α l'angolo che esso fa in M' colla verticale $B\,O$; sia ivi $y=\beta$; sia M' un altro punto dove il raggio r faccia un angolo φ colla verticale; si conduca per M' una retta verticale, questa incontrerà la curva traiettoria in n'; facendo $M'n'=z$, sarà

Figura 7.ª



$$z = r \log.\text{ip.} \frac{\text{tang.} \frac{\alpha}{2}}{\text{tang.} \frac{\varphi}{2}} = r \log.\text{ ip.} \frac{\beta}{y} \cdot \frac{r + \sqrt{r^2 - y^2}}{r + \sqrt{r^2 - \beta^2}}$$

In generale si sa che per l'equazione della traiettoria ortogonale di cui le coordinate sono x' e y', si ha

$$\frac{d\,y'}{d\,x'} = - \frac{d\,x}{d\,y}$$

dove $\frac{d\,x}{d\,y}$ si riferisce alla curva data variabile in posizione od in parametro.

La lunghezza dell' arco di questa curva è rettificabile, e chiamandola l a cominciare dal punto M sulla circonferenza dell' intradosso, si ha

$$l = r \log.\text{ ip.} \frac{\text{sen.}\ \alpha}{\text{sen.}\ \varphi} = r \log.\text{ ip.} \frac{\beta}{y} \cdot$$

21. Questi valori di z ed l essendo indipendenti dalla posizione del circolo, ci indicano che se l'intradosso si suppone trasportato in su parallelamente a sè stesso, i letti dei cunei non cambiano, e conducendo nello stesso verso una di queste traiettorie facendola passare successivamente pei punti di divisione dei cunei nell'intradosso, essa traccierà i letti dei cunei fra la prima posizione $B\,C\,C'$ della curva delle pressioni, e l'ultima che passa pel punto E.

La lunghezza della parte $M\,n'$ di questa curva compresa fra il circolo da cui si conta e quello che ha il centro distante s da quello del primo si trova facendo $z = s$ se consideriamo il secondo circolo col centro più basso di O, e $z = -s$ se vogliamo la lunghezza $M\,n$ compresa fra il circolo $B\ C\ C'$ ed il più elevato $E\ n\ C''$, perchè per lo spessore $m\ n$ sarà $\varphi = B\,O\,m > \alpha$. Prendendo il primo caso, e chiamando λ la lunghezza $M'\,n'$ si avrà:

$$\lambda = s + r \text{ log. ip. } \frac{1 + e^{-\frac{2s}{r}} \text{ tang. } \frac{2\alpha}{2}}{1 + \text{tang. } \frac{2\alpha}{2}}$$

Pel secondo caso si muterà s in $-s$, e sarà:

$$\lambda = -s + r \text{ log. ip. } \frac{1 + e^{\frac{2s}{r}} \text{ tang. } \frac{2\alpha}{2}}{1 + \text{tang. } \frac{2\alpha}{2}}$$

Ho fatto cenno a questi letti curvi dei cunei come a risultato teorico, non perchè io consideri di qualche utilità il farli tali in pratica.

22. Abbiamo veduto che la pressione tangenziale alla curva delle pressioni (che è una parallela verticalmente all'intradosso) è:

$$\frac{A}{\cos. \alpha}$$

Invece di un arco sottile di spessore $\Delta\ s$ alla chiave, consideriamo il vôlto che ha alla chiave lo spessore s. La spinta oriz-

zontale A si eserciterà sopra la superficie $s \times 1$ di questa chiave in un' punto che è determinato dai punti delle due imposte, o è indeterminato se il vôlto poggia su varii punti alle imposte. La condizione migliore per la stabilità è che la spinta A si distribuisca uniformemente su tutta la superficie $s \times 1$ della chiave e che la pressione tangenziale $\frac{A}{\cos. \alpha}$ prema pure la sezione normale del vôlto in condizioni favorevoli alla resistenza della materia di cui si compone il vôlto. Ora se A è la pressione che ha luogo alla chiave $\Delta\ s$, e se la pressione tangenziale è, come vedemmo, $\frac{A}{\cos. \alpha}$, la condizione migliore per la stabilità e per l'economia della spesa sarebbe che lo spessore normale del vôlto fosse tale che ogni suo punto sopportasse una pressione uguale a quella che sopporta ogni punto della chiave. Questa ragionevole condizione richiede quindi che lo spessore normale dell'archetto sia $\frac{\Delta\ s}{\cos. \alpha}$, e per lo spessore totale s alla chiave lo spessore normale sarà $\frac{s}{\cos. \alpha}$. Se, adunque, a partire dai punti dell'intradosso stabiliremo i varii spessori normali con questa formola, avremo l'estradosso del vôlto propriamente detto, e assai diverso da quello considerato superiormente finora; a questo estradosso i cunei devono essere estesi; l'altro estradosso superiore indica il limite della massa di cui il peso produce l'equilibrio, e che chiameremo semplicemente *peso, o massa d'equilibrio.*

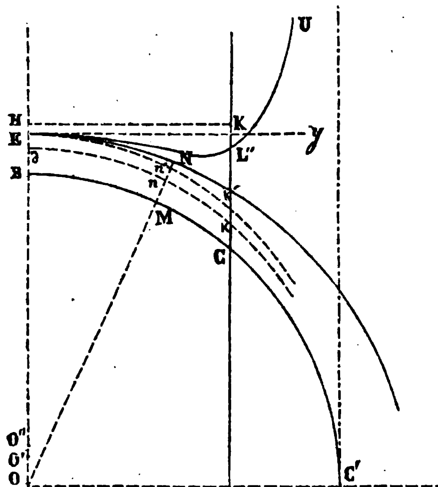
23. Prima di procedere oltre in queste considerazioni mi fermerò ad un' obbiezione che si potrà fare sul valore di $\frac{s}{\cos. \alpha}$. Questo valore a misura che α cresce va aumentando fino a diventare infinito quando α è di 90 gradi, cioè all' imposta dove la curva delle pressioni fosse tangente alla verticale. La conclusione è esatta, ma essa proviene da condizioni che non sono tutte ammessibili nella pratica, e colla restrizione delle formole nei limiti dei casi pratici non si infirma la loro esattezza, e la legge meccanica generale che rappresentano. Così per gli spessori verticali rappresentati da X nell' equazione (4) si può fare lo stesso ragionamento, e se per es: limitiamo all' arco di 60.° le considerazioni già fatte al N. 14, lo spessore verticale è $8\ (a + s) — a$, e lo spessore normale del vôlto sarà soltanto $2\ s$.

Così le formole che danno le curve delle travi che poggiano su due o più punti non valgono che nei limiti ammessi nella pra-

tica, e così dicasi di tante altre formole nella fisica, nell'idraulica, nella meccanica applicata, ecc. le quali si restringono pure a determinati limiti; la formola stessa del moto di gravi discendenti verticalmente, $s = \frac{1}{2} g t^2$, si limita alle altezze moderate che si riscontrano nelle applicazioni comuni.

24. L'arco, o il vôlto costrutto cogli spessori normali sia *BEL' C* (fig. 8), e sia *O M* un raggio *r* faciente l'angolo α colla verticale *O B*; sarà $MN = \frac{s}{\cos. \alpha}$. Se facciamo centro al punto *O'* sulla *O B* in modo che *O O'* sia minore di *s*, e col raggio *r* dell'intradosso circolare descriviamo l'arco circolare *d n k*, questo sarà una curva di pressione siccome parallela verticalmente all'intradosso. La materia avendo limiti nella sua resistenza, non converrà che la curva delle pressioni passi ai punti estremi *B* ed *E* della chiave, od anche su punti a determinarsi vicini a questi limiti, perchè ivi la resistenza della chiave non sarebbe utilizzata su tutta la sua altezza. Se prendiamo $B e = d E = \frac{s}{3}$ avremo (V. Bresse Vol. I), in *e* e *d* i due punti che limitano le distanze minori dai punti *B* ed *E*, dai quali la curva delle pressioni deve distare. E siccome la curva delle pressioni che passa pel punto *d* è quella che sta più nell'interno del vôlto *B E L' C*, così io prendo a considerare solamente questa posizione. Se si vorrà che il vôlto sia nella migliore condizione di stabilità, bisognerebbe tracciare la curva delle pressioni pel punto di mezzo di *B E*, e quindi ad ogni suo punto far coincidere i punti di mezzo degli spessori relativi *M N* portati sulle direzioni dei rispettivi raggi. Ma in tal modo le successive posizioni dei punti *M* ed *N* determineranno altre curve di intradosso e di estradosso, ciò che altere-

Figura 8.ª



rebbe le condizioni del problema. Ma non è necessaria tale alterazione. Difatti: consideriamo la curva delle pressioni dnk corrispondente a $dE = \frac{s}{3}$. Il punto n in cui essa incontra il letto MN non dovrà per la ragione sopradetta distare dal punto M meno di $MN = \frac{1}{3}\overline{MN}$, quindi per tutto l'arco in cui Mn è maggiore di $\frac{1}{3}\overline{Mn}$ vi ha sicurezza di stabilità e di equilibrio nel vôlto. Se consideriamo la curva di pressione che passa per la metà di BE, la condizione $MN = \frac{1}{3}\overline{MN}$ sta ugualmente, ma Mn diminuendo con MN l' ampiezza del vôlto sarà più limitata che nel primo caso. Per conoscere l'ampiezza bisogna determinare in genere la lunghezza di Mn. Se si fa $Bd = k$, e $Mn = \delta$ si troverà

$$\delta = k \cos.\alpha + \sqrt{r^2 - k^2 \operatorname{sen.}^2 \alpha} - r \ldots\ldots \qquad (14)$$

Se vogliamo che sia $k = \frac{2}{3}s$ quando $\delta = \frac{1}{3}\frac{s}{\cos.\alpha}$,

avremo

$$\frac{s}{3\cos.\alpha} = \frac{2}{3}s\cos.\alpha + \sqrt{r^2 - \frac{4}{9}s^2 \operatorname{sen.}^2\alpha} - r$$

e riducendo si otterrà

$$\cos.^3\alpha - \frac{\cos.\alpha}{2} - \frac{1}{12}\frac{s}{r} = 0$$

se faremo $k = \frac{s}{2}$ allora si avrà

$$\cos.^3\alpha - \frac{1}{12}\frac{s}{r}\cos.^2\alpha - \frac{2}{3}\cos.\alpha + \frac{1}{9}\frac{s}{r} = 0.$$

Nei due casi si otterrà α, perchè ambedue queste equazioni dànno un valore reale di $\cos.\alpha$.

25. Allorquando la curva $EL''U$, estradosso del *peso di equilibrio* starà al di sotto dell'orizzontale EK, il vôlto $BEL'C$ si

troverà nelle condizioni ordinarie in cui il sopraccarico a si può collocare sull'orizzontale EK posandolo sul riempimento $E L'' K$. L'equazione (12) facendovi $x' = o$ darà il valore di x corrispondente al punto in cui la curva estradosso del peso d'equilibrio taglia l'orizzontale $E K$, e si vedrà se nei limiti del vôlto $B E L' C$ che si considera, la curva del peso d'equilibrio sta tutta sotto la retta EK. Ma invece di cercare quel limite in quell'equazione, riescirà più comodo il costruire la curva $E L'' U$ graficamente.

Se poi questa curva passasse l'orizzontale $E K$ in un punto troppo distante da K fra K ed E, allora bisogna cambiare la curva d'intradosso, o caricare di maggiori pesi il vôlto alle sue reni, secondo la legge che si troverà, nella parte della curva che sta al disopra dell'orizzontale E K a cominciare dal punto in cui questa è tagliata dalla curva.

Allorquando il vôlto è in mattoni non si ha più la necessità di tenere la curva delle pressioni $d\ n\ k$ fra i limiti d ed e assegnati superiormente, e colla condizione che $M\,n$ non superi $\frac{1}{3}$ MN; essa curva potrà portarsi più in su o più in giù a norma degli spessori e delle larghezze e resistenze dei mattoni.

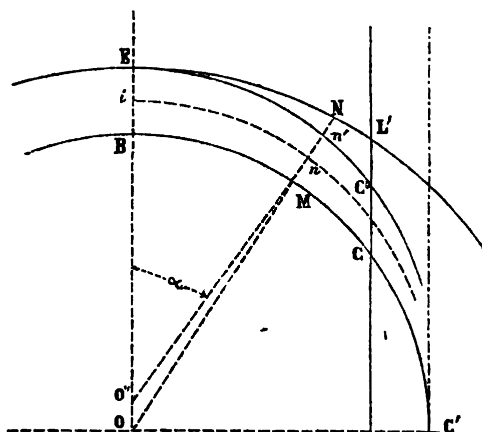
26. Nel senso del principio proposto, ai N. 1 e 2, il vôlto totale sarebbe terminato superiormente dal circolo $E\,n'\,k'$ di raggio r, e che ha il centro in O'', e se non si desse al vôlto lo spessore normale $\frac{s}{\cos.\,\alpha}$ ad ogni suo punto M per la proporzionale distribuzione delle pressioni tangenziali, lo spessore normale sarebbe ridotto ad $M n'$, la cui lunghezza δ è espressa dalla formola (14) facendovi $k = s$, ed avremo

$$\delta = s \cos.\,\alpha + \sqrt{r^2 - s^2 \operatorname{sen.}^2 \alpha} - r$$

Se prendiamo per curva delle pressioni quella che passa pel

punto di mezzo di s, e riferiamo al centro di questo circolo gli angoli α (fig. 9), sia $i\,n\,k$ questo circolo, ed O'' il suo centro,

Figura 9.ª



e $\overline{Bi} = \frac{s}{2}$;

chiamato Δ lo spessore $\overline{M\,n'}$ contato sul raggio $O''\,n'$ sarà

$$\Delta = s \cos.\, \alpha$$

Sopra questo spessore s'esercita normalmente ad esso la pressione $\frac{A}{\cos.\alpha}$. Si vede quindi che l'unità superficiale del letto $\overline{M\,n'}$ è più premuta che l'unità del letto alla chiave, prima perchè $\overline{M\,n'}$ è più piccola di s, poi perchè la pressione normale ad $\overline{M\,n'}$ è maggiore di quella che ha luogo alla chiave. Per conseguenza se supponiamo che pel letto $\overline{M\,n'}$ siasi stabilito un limite di resistenza R' perchè la materia non si schiacci, o perchè si abbia un determinato grado di stabilità sicura, la resistenza del letto $\overline{M\,n'}$ sarà $R'\,s \cos.\, \alpha$. Questa deve equivalere alla pressione $\frac{A}{\cos.\,\alpha}$, normale al letto, sarà quindi

$$R'\,s \cos.\, \alpha = \frac{A}{\cos.\,\alpha},$$

ossia

$$R'\,s \cos.^2 \alpha = A = p\,r\,(\alpha + s) \qquad (15)$$

La determinazione di R' porta quindi seco quella di R (N. 16) alla chiave. Determiniamo ora lo spessore di questa. Il limite minimo del suo spessore s sarà dato dall'uguaglianza dei due termini della disuguaglianza (11) (N. 16) ed avremo

$$S = \frac{p\,r\,\alpha}{R - p\,r} \qquad (16)$$

Se R fosse la pressione indicante per l'unità quadrata il limite oltre il quale vi ha rottura, il valore di s sarebbe lo spessore minimo della chiave, ed una diminuzione minima di esso, o un minimo accrescimento della spinta orizzontale o del carico produrrebbe la rottura per ischiacciamento alla chiave del vôlto. Questo schiacciamento avrebbe luogo a maggior ragione in una sezione normale qualunque $M n'$ del vôlto $BEC''G$. Ma se invece R fosse un coefficente che indicasse sicurezza ed una stabilità prefissa al vôlto, il valore di s corrisponderebbe alla stabilità determinata, e crescerebbe colla diminuzione di R.

Di qui appare quale confidenza debbasi accordare alle formole che alcuni autori danno per istabilire lo spessore delle chiavi degli archi, e che sono indipendenti dalla resistenza del materiale.

Mettendo adunque il valore di s nell'equazione (15) e riducendo verrà

$$R' \cos.^2 \alpha = R$$

Così per l'arco di 60° sarà $R = \frac{R'}{4}$.

Con questa formola se si dà il valore di R alla chiave per una determinata solidità potremo riconoscere qual sia la corrispondente resistenza R' che ne risulterà in un letto qualunque dell'arco, e perciò all'imposta, e viceversa. Lo spessore $\overline{Mn'}$ in un punto qualunque, ossia Δ sarà espresso da

$$\frac{p r a \cos. \alpha}{R' \cos.^2 \alpha - p r}, \quad \text{ovvero} \quad \frac{p r a \cos. \alpha}{R - p r}$$

Ripeterò qui che queste formole devono restringersi ai soli casi pratici e comuni, e agli archi di non grande ampiezza, della quale il limite sappiamo potersi fissare con $\alpha = 60°$.

Questo spessore Δ sarebbe il minimo che potrebbe supporsi nei varii punti della curva del vôlto $BEC''C$, mentre $\frac{s}{\cos. \alpha}$, ossia MN potrebbe considerarsi il massimo.

Siccome poi la distanza OO'', ossia la metà della chiave, è comunemente piccola nei grandi archi in confronto del raggio, così vediamo che se collo stesso centro O' e con raggio OE descriviamo

un arco concentrico all'arco $i\,n\,k$, ne risulterà un vôlto d'uniforme spessore s che comprenderà il vôlto $B\,E\,n'\,C''\,C$, e rinchiuderà le condizioni di stabilità sotto il *peso d'equilibrio* limitato dalla curva data dall'equazione (4). In questo caso sarebbe

$$R' \cos.\alpha = R\,,$$

e l'estradosso del vôlto sarebbe compreso fra le curve $E\,n'\,C''$, ed $E\,N\,L'$.

Lo stesso avverrebbe per tutti i vôlti in cui fosse

$$R' \cos.^{n} \alpha = R$$

dove n fosse compresa tra 0 e 2, e la curva del suo estradosso può ritenersi come arbitraria, non obliando che la condizione di cui si tratta al N. 24 deve essere soddisfatta.

IV. **Applicazioni ad alcuni casi particolari.**

27. Si abbia a costrurre un vôlto di ponte in mattoni di metri 16 di corda, con una monta pari ad $\frac{1}{10}$ di questa, ossia di metri 1,60, coi piedritti alti metri 4. La resistenza R pei mattoni valutata a $\frac{1}{10}$ di quella che produce lo schiacciamento, si assume generalmente di 60,000 chilogrammi per metro quadrato; vi ha così sicurezza alla chiave. Il peso specifico p della muratura è in media di chilogrammi 2000. Supponiamo che il ponte debba sopportare un peso di 700 chilogrammi per metro quadrato, ciò che darebbe chilogrammi 3500 per metro lineare parallelo alla corda, per una lunghezza di metri 7,00 del vôlto. Avremo

$$a = \frac{700}{2000} = 0{,}35\,,$$

e siccome si trova

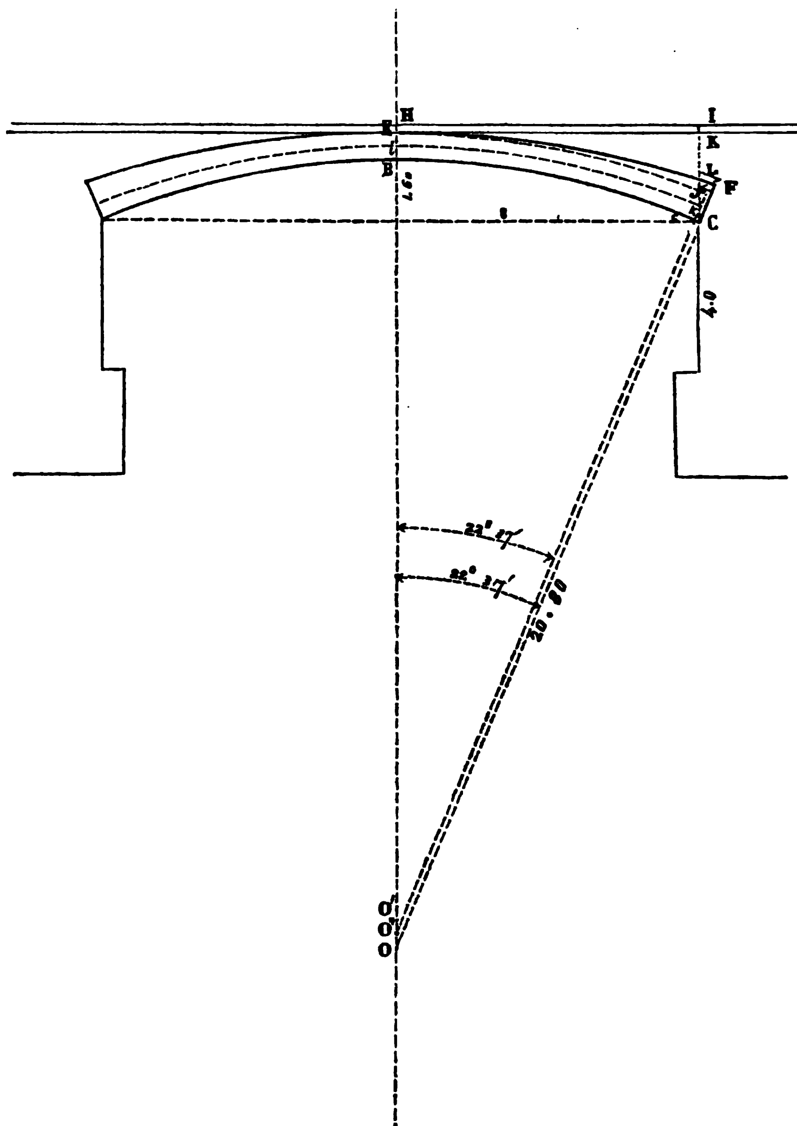
$$r = \frac{(1{,}60)^2 + 8^2}{2 \times 1{,}60} = 20{,}80\,,$$

così avremo

$$s = \frac{2000 \times 20,80 \times 0,35}{600000 - 2000 \times 20,80} = \frac{14,56}{18,40} = 0,81$$

Rappresenti la fig.[a] il 10 prospetto, o meglio la sezione tras-

Figura 10.



versale del ponte. Chiamando θ l'angolo che il raggio all'imposta fa colla verticale, sarà:

$$\text{tang.}\ \theta = \frac{8}{20{,}80 - 1{,}60} = 0{,}4166$$

$$\cos.\ \theta = 0{,}9231$$

$$\theta = 22.^\circ\ 37'$$

$$A = 2000 \times 20{,}80 (0{,}81 + 0{,}35) = 48257 \text{ chil.}$$

$$\frac{A}{p} = 20{,}80\ (0{,}81 + 0{,}35) = 24{,}128$$

Il peso del vôlto e del suo carico, non tenuto conto del riempimento, come è detto al num. **2**, sarà

$$P = A \text{ tang. } \theta = 20103{,}45.$$

Lo spessore verticale all' imposta sarà

$$CL = \frac{20{,}80 \times 1{,}16}{\cos.^3 \theta} - 0{,}35 = 1{,}47 - 0{,}35 = 1{,}12$$

Lo spessore normale del vôlto all' imposta C sarà:

$$CF = \frac{s}{\cos.\theta} = \frac{0{,}81}{0{,}9231} = 0{,}87$$

Cerchiamo il valore di Mn (fig. 8 e 9) ossia di δ (N. 24) all' imposta C. Supponendo condotta la curva delle pressioni pel

punto della chiave elevato $\frac{2}{3}s$ sopra il punto B, faremo nel valore di δ

$$k = \frac{2}{3}s,$$

e verrà:

$$\delta = \frac{2}{3}\,0,81 \times 0,9231 + \sqrt{(20,80)^2 - \frac{4}{9}(0,81)^2 0,1479} - 20,80$$

$$= 0,499$$

Questo valore di δ è maggiore di $\frac{1}{3}CF$ (N. 24), perciò il vôlto si trova in condizioni di stabilità; ed una condizione favorevole si troverebbe eziandio facendo $k = \frac{s}{2}$, perchè si otterrebbe $\delta = 0,374$ che è pure maggiore di $\frac{1}{3}CF$

Il limite dell' angolo α che dà

$$\delta = \frac{1}{3}\,\frac{s}{\cos.\,\alpha}$$

ossia δ uguale ad $\frac{1}{3}$ dello spessore normale dell' arco al punto dell' estradosso che determina l' angolo α, si ha dall' equazione (num. 25)

$$\cos.^3\alpha - \frac{\cos.\,\alpha}{2} = 0,00344\,.$$

A quest' equazione si soddisfa con approssimazione col valore

$$\cos.\,\alpha = 0,711\,,$$

che corrisponde all' angolo $\alpha = 44°, 19'$, cioè quasi doppio dell' angolo all' imposta.

Sia ora $OO'' = Bi = \frac{1}{2}s = 0,405$, e si descriva col centro O'' e col raggio r l'arco circolare ik, e fatto centro in O' dove $O'O'' = O''O$ collo stesso raggio si descriva l'arco circolare che passi per E, e

termini in f, incontro col raggio prolungato $O'' k$; se c è l' incontro dell' intradosso collo stesso raggio, sappiamo (N.° 26) che

$$c f = \Delta = s \cos. \alpha ,$$

perciò

$$c f = 0{,}81 \times 0{,}9231 = 0{,}75.$$

Segue da ciò che basterebbe protrarre i cunei del vôlto fino all'arco $E f$; ma se all'imposta si dà al vôlto uno spessore di 0,87, uguale a quello sopra calcolato, vi ha stabilità per ciò che riguarda la posizione della curva delle pressioni. Esaminiamo ora la resistenza.

Calcolandola sullo spessore uniforme dell'arco all' imposta, avremo:

$$R' = \frac{R}{\cos. \theta} = 64998 ,$$

valore che è di poco maggiore di R. Così siamo sicuri eziandio che la pressione all'imposta sta lontana da quella di 6000000 che produce lo schiacciamento, ma non vi ha uguale sicurezza che alla chiave.

Adoprando la formola $R' \cos.^2 \alpha = R$ relativa allo spessore più piccolo $M n'$ (n. 26) si troverebbe:

$$R' = 704225 ,$$

risultato che presenta pure sicurezza, sebbene considerevolmente minore di quella che v' ha alla chiave.

Abbiamo quindi tutte le condizioni di stabilità del vôlto $B E F$. Rimane a calcolare lo spessore dei piedritti.

Chiamando x questo spessore, dal n. 17 abbiamo la formola:

$$x = \sqrt{2 r (a + s)} \qquad (17)$$

e pel nostro caso troveremo:

$$x = \sqrt{41{,}60 + 1{,}16} = 6{,}946$$

Tenendo conto dell'azione verticale P del vôlto, chiamando h l'altezza del piedritto sotto l'imposta, trascurando per ora la sua parte sopra l'imposta stessa, e considerando che il piedritto possa girare attorno allo spigolo esterno della sua base si avrà:

$$P x + p h x \, . \, \frac{x}{2} = A h,$$

donde si ricava.

$$x = -\frac{P}{p h} + \sqrt{\frac{2A}{p} + \frac{P^2}{p^2 h^2}}$$

e mettendo i numeri si ottiene $x = 4{,}874$.

Facendo h infinita, quest'ultima formola dà:

$$x = \sqrt{\frac{2A}{p}} = \sqrt{2 r (a + s)} \ ,$$

cioè il valore che si ottiene trascurando l'azione del peso del vôlto.

Se poi si vorrà tener conto della massa del piedritto che sta al di sopra del piano delle imposte, la quale ha ordinariamente l'altezza uguale alla saetta dell'intradosso, chiamando f questa saetta, e tenendo conto del peso del vôlto si avrà in generale, eguagliando i momenti attorno al punto esterno della base del piedritto, l'equazione:

$$Px + p x (h + f) \frac{x}{2} = A h$$

da cui si ricaverà:

$$x = -\frac{P}{p(h+f)} + \sqrt{\frac{2\,A\,h}{p\,(h+f)} + \frac{P^2}{p^2\,(h+f)^2}}$$

Coi nostri dati otterremo $x = 4{,}364$.

Questo valore di x può considerarsi il minimo e pel solo equilibrio, ma per la stabilità bisognerà che il momento del piedritto superi di una data quantità quello prodotto dalla spinta del vòlto. Si adotta comunemente il coefficiente 1,80 ed anche 2,00, che moltiplicherà il momento della spinta del vòlto; prendendo 2,00 verrà:

$$x = -\frac{P}{p\,(h+f)} + \sqrt{2\,\frac{2\,A\,h}{p\,(h+f)} + \frac{P^2}{p^2\,(h+f)^2}} \quad (19)$$

Coi numeri dati si avrà un valore di x poco diverso da quello di 6,946 trovato colla formola (17).

28. Stabilito l' equilibrio e la stabilità del piedritto contro la spinta del volto sulla considerazione del moto rotatorio possibile attorno lo spigolo esterno della base del piedritto, non si può ancora in certi casi essere sicuri della stabilità dell' edifizio. Il valore dello spessore x del piedritto delle formole (18) e (19) dipendendo da h, diverrà sempre più piccolo a misura che h diminuisce, e quando $h = o$, si ha $x = o$. Quindi può accadere che la spinta A sia tale che respinga il piedritto facendolo strisciare sulla sua base, o sulla sezione fatta al piedritto nel piano delle imposte. La spinta A deve dunque vincere in prima la tenacità del materiale del piedritto sulla sua base, o su d'una sezione più elevata ed orizzontale, o su quella fatta al piano delle imposte. Dopo il distacco la spinta A deve anche vincere l' attrito prodotto dal peso sulla sezione che si considera. Bisognerà dunque calcolare sulla sezione al piano delle imposte la tenacità della materia che ivi controbilancia la spinta orizzontale. Mancano sperimenti sufficienti per la determinazione della resistenza di un corpo solido in una sezione contro una forza traente sul

piano della sezione stessa; per la muratura in mattoni calce e sabbia il Navier indicherebbe la resistenza del cemento in 6 o 7 mila chilogrammi per metro quadrato. Con questo coefficiente si potrà riconoscere il grado di stabilità relativo alla tenacità. Comunemente, avuto riguardo alla forza grande di questa, basta lo spessore di x calcolato come sopra coll' equazione dei momenti.

Nei casi poi, nei quali x fosse assai piccolo e fosse evidente l' insufficienza della tenacità della materia del piedritto, bisognerà aggiungere dietro la spalla già calcolata un parallelepipedo tale di muratura, che il suo attrito (trascurando la tenacità) sulla sua base faccia contrasto alla spinta A. Nel calcolare la spalla di spessore x noi abbiamo considerato come fisso lo spigolo, intorno al quale furono presi i momenti per l'equilibrio di rotazione; ora per fermarlo in pratica converrà porre dietro la spalla un rinforzo sufficiente. Il coefficiente d' attrito si può assumere di 0,75 per la muratura.

Siccome poi la tenacità del materiale che s'adopra nelle buone murature è maggiore in genere di quella del cemento, si vede qui qual sia la convenienza di non costrurre le murature a strati terminati da piani orizzontali, e come sia utile attraversare questi piani con materiali di un pezzo solo, ed anche con mattoni collocati di punta o di costa per le murature a farsi con questi materiali.

Si vedrà infine anche come la spalla di spessore x debba essere costrutta con maggior cura che quella di semplice contrasto che le si dovesse costrurre dietro.

29. Suppongasi che si voglia costruire un vôlto per una sala di riunione larga metri 10, e con monta di metri 1,50, e si voglia determinare lo spessore s alla chiave. Supposto che il massimo carico sul pavimento della sala possa essere di quattro persone per metro quadrato, il peso per unità superficiale sarà di chilogrammi 280. L'intradosso del vôlto, essendo assai sorbassato, potremo prossimamente supporlo circolare o parabolico in questi limiti dati; per semplicità di calcolo, assumiamolo circolare; verrà

$$r = \frac{25 + 2.25}{3} = 9,083 .$$

Sull'estradosso del vôlto, oltre il carico delle persone, si deve anche valutare il pavimento collo strato sul quale posa, e lo sup-

porremo in ammattonato di spessore totale di centimetri 6. Il peso delle persone ridotto ad uno strato di muratura di mattoni dà un'altezza di

$$\frac{280}{2000} = 0,14 ;$$

e così alla chiave il carico sarà $a = 0,20$. Avremo quindi

$$s = \frac{p\,r\,\alpha}{R - p\,r} = \frac{2000 \times 9,083 \times 0,20}{600000 - 2000 \times 9,083} = 0,086.$$

Essendo poi all'imposta $\alpha = 33,^\circ 24'$, lo spessore normale del vôlto alle imposte sarebbe

$$\frac{0,086}{0,834} = 0,103 .$$

Si ha poi $A = 5195,48$ chilogrammi.

Se fosse data l'altezza b del pavimento sopra il piano delle imposte, allora si ha incognita la monta f dell'intradosso, e sarà:

$$r = \frac{(b' - s)^2 + c^2}{2\,(b' - s)}$$

dove $b' = b - 0,06 = f + s$;

e mettendo questo valore in quello di s, e riducendo ad ordine rispetto ad s, si ha l'equazione

$$s^3 + s^2\left(a - 2\,b' + \frac{2\,R}{p}\right) + s\left(b'^2 - 2\,a\,b' + c^2 - \frac{2\,R\,b'}{p}\right)$$

$$+ a\,(b'^2 + c^2) = o$$

dalla quale si otterrà s, indi la monta

$$f = b' - s.$$

Siccome a rigor di formola l'estradosso essendo orizzontale, l'intradosso sarebbe una curva logaritmica, avente per equazione (N.° 8)

$$x = \frac{a + s}{2} \left(e^{ny} + e^{-ny} \right),$$

così si potrebbe domandare i valori di r ed s colle condizioni date, e data $b = f + s$. Ora abbiamo (N.° 8)

$$A = Rs = \frac{p}{n^2}, \text{ ed } n = \sqrt{\frac{p}{Rs}},$$

ed osservando che per questo caso nel valore di n del num. 8 si ha $d = b$, sarà

$$n = \frac{2}{c \log. e} \log. \frac{b' + \sqrt{b'^2 - s'^2}}{s'}$$

e sostituendo il valore di n verrà

$$\sqrt{\frac{p}{Rs}} = \frac{2}{c \log. e} \log. \frac{b' + \sqrt{b'^2 - s'^2}}{s'} \qquad (20)$$

e con sostituzioni successive troveremo il valore di s, notando che qui $b' = b + a$, $s' = s + a$. Poi avremo il valore di A, e siccome si ha $A = pr(a + s)$, otterremo

$$r = \frac{A}{p(a + s)}.$$

In generale chiamando ρ il raggio di curvatura dell'intradosso al punto dell'ordinata y si ha, non guardando al segno

$$\rho = \frac{e^{2ny}\left[\frac{1}{e^{2ny}} + \frac{n^2 s'^2}{4}\left(1 - \frac{1}{e^{2ny}}\right)\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{n^2 s'}{2}\left(1 + \frac{1}{e^{2.ny}}\right)}$$

e quando $y = o$ si ha $\rho = r$, onde

$$r = \frac{1}{n^2(s + a)} \; .$$

Questo valore di r diminuisce a misura che a cresce.

Se fosse data la saetta f dell'intradosso, e non fosse determinata l'altezza b del sottopavimento sopra le imposte, si farà nell'equazione (20)

$$b' = a + b = a + f + s,$$

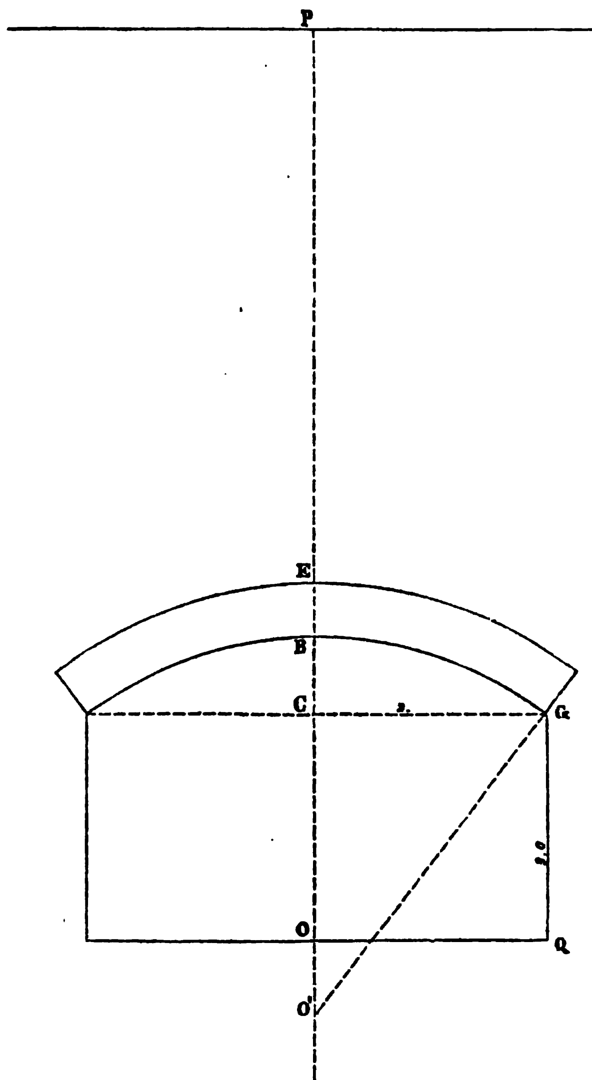
e verrà

$$\sqrt{\frac{p}{Rs}} = \frac{2}{c \log. e} \log. \frac{a + f + s + \sqrt{f^2 + 2f(a + s)}}{a + s} \; .$$

Con successive sostituzioni si avrà il valore di s, indi il valore di $b = f + s$.

30. Sia a costrurre un ponte con altezza BO (fig. 11) sotto un

Figura 11.ª



terrapieno elevato considerevolmente sopra il punto B, e la cui altezza sopra questo punto fosse $BP = h$; si tratta di determinare lo spessore s della chiave, ossia BE.

Sia p' il peso specifico delle terre; ritenute tutte le definizioni antecedenti avremo

$$a = (h' - s) \frac{p'}{p} ,$$

Lo spessore s è dato dalla formola (16) del num. 26, e mettendovi questo valore di a avremo

$$s = \frac{r p' (h' - s)}{R - p r} ,$$

da cui si ricava

$$s = \frac{r p' h'}{R - p r + p' r} .$$

Facendo $h = 8$, $p' = 1800$, $B G = 1$, $G C = 3$, ed assumendo per R e p i valori già presi antecedentemente sarà $r = 5$, ed

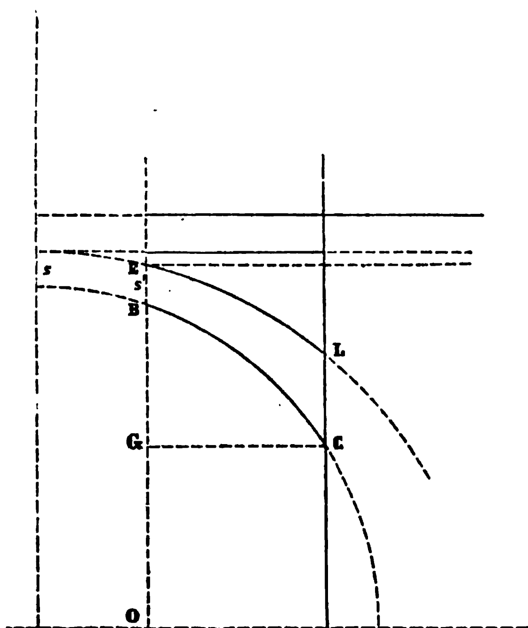
$$s = \frac{5,1800.\ 8}{60000 - 10000 + 9000} = \frac{72}{59} = 1,22 .$$

Poi troveremo $a = 6,102$, e la spinta $A = 73200$; lo spessore dei piedritti si troverà colla formola (19), aggiungendo al peso P anche quello delle terre che stanno sopra il vôlto, ed all' altezza f quella rispettiva della terra che sta sopra il piedritto ridotta a muratura. Facendo $C Q = h = 3$, e prendendo per coefficiente di stabilità 1,80 invece di 2,00, troveremo $x = 4,20$, valore che si può diminuire per causa della controspinta, a valutarsi, delle terre.

V. Vôlti a sesto acuto.

31. Un vôlto a sesto acuto è composto di due vôlti uguali e simmetrici attorno al piano verticale *BO* (fig. 12) che passa per la chiave *BE* parallelamente alle linee delle imposte, e la cui curva d'intradosso alla chiave fa un angolo acuto vôlto all'ingiù. Sia *BELC* la sezione della metà del vôlto che consideriamo; noi possiamo ritenere questo vôlto come una porzione di quello che si avrebbe prolungando la curva *BC* fino al suo punto dove la tangente facesse angolo retto colla verticale; ivi lo spessore del vôlto sarebbe *s*, o la chiave verticale che abbiamo rappresentato sopra. Cercheremo pure il raggio *r* che la curva ha al punto dove lo spessore è *s*, ed allora la spinta orizzontale *A* sarà espressa da $pr(a+s)$, (N.° 2), ed il peso *P* del vôlto che sta sopra il punto *B* sarà (N.° 3) uguale ad *A* tang. θ', dove θ' è l'angolo che la tangente al punto *B* fa coll'orizzonte; e la pressione nel verso della tangente stessa sarà (N.° 3):

Figura 12.ª



$$\frac{A}{\cos.\ \theta'}\ .$$

Supponiamo ora che nel caso nostro si faccia $BE = s'$, e sia r' il raggio di curvatura dell'intradosso in B, l'equazione (4) darà:

$$s' = \frac{(a+s)\,r}{r' \cos.^3 \theta} - a,$$

quindi

$$(a+s)\,r = (a+s')\,r' \cos.^3 \theta',$$

dunque avremo per la spinta orizzontale

$$A = p\,r'\,(a+s') \cos.^3 \theta',$$

quindi il peso dell'arco che sta sopra il punto B, e misura la spinta verticale all'insù dell'arco $BELC$ sarebbe espresso da

$$p\,(a+s')\,r' \cos.^3 \theta' \,\text{tang.}\, \theta',$$

e la pressione nel verso della tangente della curva in B sarebbe rappresentata da:

$$p\,(a+s')\,r' \cos.^2 \theta'.$$

Se diremo *completo* il vôlto di cui l'intradosso fa angolo retto colla chiave s, potremo considerare come *incompleto* il vôlto a sesto acuto, e potremo senza difficoltà applicare a questo vôlto tutte le considerazioni fatte precedentemente sulle porzioni di un arco equilibrato.

32. Allorquando terremo conto del peso del riempimento sopra i fianchi del vôlto, vedremo che la formola (4) dà:

$$x - x' + x'' = \frac{(a+s_{,})\,r' \cos.^3 \theta'}{R \cos.^3 \alpha} - a,$$

e rimettendo il valore di x'' (N. 2) che è $\frac{p'}{p}\,x'$ verrà

$$x' = \frac{p}{p - p'}\left[\,x + a - \frac{(a + s_{,})\,r'\cos.^3\theta'}{R\cos.^3\alpha}\,\right]$$

e per lo spessore verticale X fra l'intradosso e l'estradosso della massa d'equilibrio

$$X = x - x' = \frac{p}{p-p'}\;\frac{(a + s_{,})\,r'\cos.^3\theta'}{R\cos.\,\alpha} - \frac{p\,a + p'\,x}{p - p'}\,.$$

33. Sia un arco circolare $B\,C$ (fig. 13) col centro in O', e sia $O\,B$ la verticale che passa per la chiave, sia

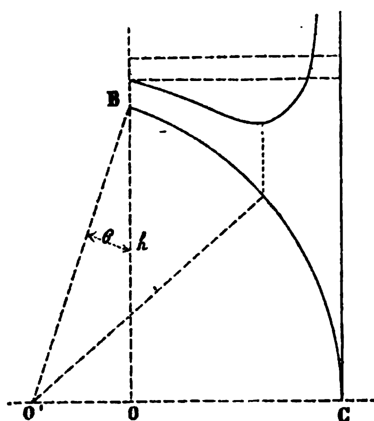


Figura 13.a

$$O\,O' = g,\; O\,B = h = \sqrt{r^2 - g^2}\,,$$

avremo

$$\cos.\,\theta' = \frac{h}{r} = \frac{\sqrt{r^2-g^2}}{r} = \left(1 - \frac{g^2}{r^2}\right)^{\frac{1}{2}},$$

e sostituendolo nel valore di A verrà

$$A = p\,r\,(a + s_{,})\left(1 - \frac{g^2}{r^2}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

Dunque A, come era facile prevedere, è minore di quello che risulterebbe se il vôlto fosse a tutto sesto collo stesso raggio r e collo stesso spessore $s_{,}$ alla chiave, e diminuisce sempre a misura che g si accosta ad r, cioè a misura che l'arco BC, ed h con esso, si accostano a zero; e quando $g = r$ avremo

$$h = o\,,\ A = o.$$

Chiamiamo c la semicorda OC, si ha

$$g = r - c$$

ed allora, sostituendo nell'espressione di A verrà

$$A = p\,r\,(a + s_{,}) \left[1 - \left(\frac{r-c}{r}\right)^{2}\right]^{\frac{3}{2}}$$

$$= p\,(a + s_{,})\,\frac{\left[1 - \left(1 - \frac{c}{r}\right)^{2}\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{1}{r}}$$

$$= p\,(a + s_{,})\,\frac{\left(2\frac{c}{r} - \frac{c^{2}}{r^{2}}\right)^{\frac{3}{2}}}{\frac{1}{r}}$$

$$= p\,c\,(a + s_{,})\left(2 - \frac{c}{r}\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{c}{r}}\,.$$

Se sulla corda OC come raggio si descrive un arco a tutto sesto, e la chiave a quest' arco sia $s_{,}$, e la sua spinta orizzontale sia A', si avrà

$$A' = p\,c\,(a + s_{,})$$

dunque

$$A = A'\left(2 - \frac{c}{r}\right)^{\frac{3}{2}}\sqrt{\frac{c}{r}}\ .$$

La spinta verticale all'insù dell'arco $B\,C$ è il peso $P = A$ tang. θ', e per conseguenza.

$$P = p\,c\,(a + s_{,})\left(2 - \frac{c}{r}\right)\left(1 - \frac{c}{r}\right) = A'\left(2 - \frac{c}{r}\right)\left(1 - \frac{c}{r}\right).$$

(Continua).

Ing. P. SEGGIARO.

NOTA SULLE SERVITU' LEGALI

SPETTANTI

ALLE FERROVIE PUBBLICHE.

È stata elevata la quistione:

« Se le distanze da osservarsi tra le piantagioni o le costru-
« zioni nei fondi privati dal loro confine verso una ferrovia pub-
« blica debbano essere quelle stabilite agli art. 579 e seguenti
« del Codice civile italiano, oppure quelle prescritte agli arti-
« coli 66, 69, 234, 235, ecc. della legge sui lavori pubblici
« 20 marzo 1865, od ai correlativi della precedente legge 20
« novembre 1859 ».

Trascorrendo soltanto rapidamente questi articoli delle due leggi, si scorge d'un tratto quanto in complesso le private proprietà siano ben più aggravate di servitù proibitive in rispetto degli interessi politici che si annodano all'esercizio di una ferrovia pubblica, che non a riguardo delle altre proprietà meramente private confinanti, per le quali la legge civile avea di mira soltanto di proteggere il migliore progresso agronomico od edilizio, e di imporre la temperanza onde sopire le gare tra i possidenti.

A banda le due ardue quistioni se colla legge civile attuale si sia raggiunto il meglio nel suo nobilissimo scopo senza troppo ferire il sacro diritto di libertà inerente ai privati dominj, e se la instituzione delle servitù legali, nelle due leggi amministrativa e civile suaddítate, non lasci almeno per certi casi un adito ai possidenti che ne vennero inaspettatamente colpiti, a pretendere delle indennità, per essersi dall' intervento della detta legge amministrativa alterati profondamente i loro rapporti di diritto colle ferrovie e colle altre opere pubbliche confinanti, i quali rapporti constassero da sussistenti e irrepugnabili contratti stabiliti all'ombra di leggi anteriori, che non ammettessero (come ad esempio

le austriache del Lombardo-Veneto) le servitù legali. Occorse all' estensore di questa nota di vedere il caso di un contratto di cessione di terreni per una nuova ferrovia pubblica, già definito in ogni sua parte, sotto l'espressa condizione che l'esproprio dovesse considerarsi avvenuto secondo la ordinanza ministeriale austriaca 14 settembre 1854, per cui i terreni residuanti del proprietario, contigui alla ferrovia, non dovessero soggiacere alle obnoxietà della allora già vigente nuova legge sui lavori pubblici 20 novembre 1859.

Quel contratto fu disapprovato dalla Direzione della Società concessionaria della ferrovia, e si dovette riformare coll' esclusione di quella condizione; ma per questo titolo la Società stessa accordava al proprietario un aumento ai pattuiti corrispettivi, a compenso delle servitù legali recate dalla legge 1859, che il proprietario dovea poi irrevocabilmente riconoscere e rispettare.

Se si confrontano però ad una ad una le molteplici e varieformi servitù contemplate nella legge amministrativa rispetto alle opere pubbliche, nella civile rispetto alle proprietà private, si scorge che se il valor complessivo delle prime è smisuratamente superiore a quello delle seconde, nullameno per taluna individuale la misura diventa in certi casi patentemente minore nella prima che nella seconda.

Tale è il caso per la distanza delle piantagioni. — Ad esempio, gli alberi d'alto fusto, secondo l'Art. 579 del Codice Civile, devono porsi a distanza di tre metri dal confine: invece per l'Art. 69 *a*) della legge sui pubblici lavori quegli alberi devono porsi alla distanza eguale di tre metri, ma dal ciglio delle strade se sono esse nazionali, o provinciali, — di un solo metro se sono comunali (Art. 81).

E riguardo alle ferrovie, dopo che all' Art. 234 della legge medesima sono richiamate le servitù imposte ai fondi privati per le strade nazionali, provinciali e comunali, salvo però alcune modificazioni, al successivo Art. 235 è prescritto che le piantagioni nuove debbano distare metri sei dalla linea della più vicina ruotaja, con che per altro restino almeno a due soli metri di distanza non dalla proprietà ferroviaria, ma dal ciglio degli sterri, o dal piede od unghia dei rilevati; ma tali distanze avranno la diminuzione di un metro quando le piantagioni non saranno d'altezza maggiore di metri 1,50.

Egli è pur vero che queste pressochè testuali disposizioni della legge sui pubblici lavori, quantunque studiate e minuziose lasciano luogo a qualche ambiguità per chi voglia sottilizzare sul

significato dei vocaboli, e sulla portata delle prescrizioni; potendo chiedersi se per altezza d'una pianta, s'intenda quella del solo fusto qualora vengano esse allevate a capitozza, e periodicamente ne vengano potati i rami, come avviene dei gelsi, o se le servitù in genere inflitte ai terreni limitrofi alle ferrovie, per non essere state prese a calcolo nei corrispettivi de' contratti onde da quei terreni fu stralciata la sede ferroviaria, danno tuttora un titolo ai proprietarj di non rispettarle se non allorchè il corrispondente indennizzo sia stato loro soddisfatto in aggiunta ai già percepiti. È ovvio in logica ed in ragione che come calcolandosi attualmente le indennità per un'occupazione di fondi per sede ferroviaria tiensi conto di quelle servitù legali come altro dei danni derivanti dall'occupazione, così quando sia certo che ne' contratti stabiliti per espropri di tal genere anteriori all'odierna legge sui pubblici lavori, quelle servitù non furono calcolate, nè prevedute, perchè non prescritte dalle leggi d'allora, non siano da osservarsi se non previa la competente indennità garantita in massima ai privati per ogni caso di esproprio e di parziali usi dei loro beni per causa di utilità pubblica all'articolo 438 del Codice Civile. Sostenere la tesi inversa sarebbe un accusare la legge di incoerenza ai principj in essa proclamati, e che furono dall'origine del diritto in poi universalmente e sempre rispettati, sarebbe un voler macchiata la legge del più patente arbitrio d'usurpazione, sarebbe un darle una forza retroattiva ripudiata fin dai più antichi tempi da ogni giurisprudenza.

La presunzione tacita che la cessione dei terreni per la ferrovia sia stata accordata sotto vincolo d'osservanza delle gravosissime servitù legali delle ignote e future leggi attuali sui pubblici lavori, e che nei corrispettivi della cessione queste servitù siano state contemplate, starebbe contro l'ipotesi dell'esistenza del titolo della cessione che per la sua data, e pel suo tenore non parli di quelle imprevedibili servitù. E pertanto non è temerità il dire che quelle servitù legali della odierna legge siano presumibili a carico tutt'al più di quei possessori che siano stati espropriati per costruzioni di ferrovie durante il vigore della legge medesima, perchè in tal caso non potevasi altrimenti pretendere nè concedere l'espropriazione.

Ma tutto ciò pretermesso, rimane sempre fulgido che tra il Codice Civile, e la legge sui pubblici lavori nella materia subbietta delle servitù legali vi hanno notevoli diversità nei varj casi in cui ne ricorra l'applicazione; cioè, che mentre le ferrovie pubbliche costituiscono una vera possidenza a titolo di proprietà al

pari di qualunque altra di privata pertinenza, nei rapporti fra questa e quella, le servitù legali sono in genere diverse di quelle da rispettarsi nei rapporti di due confinanti proprietà private.

Eppure taluna delle Società concessionarie di ferrovie italiane sarebbesi pronunciata del parere, che malgrado le discipline recate dagli articoli precitati della legge sui pubblici lavori, le competa, come a qualunque privato proprietario, il diritto all'osservanza da parte dei confinanti alle ferrovie delle distanze per le piantagioni secondo l'artic. 579 del Codice Civile.

In questa tesi è facile svelare il latente errore, e a dir meglio, l'equivoco della preopinante, per non aver bene ponderato in ogni sua parte quel Codice ove porge la norma per l'applicazione delle sue prescrizioni in questa materia.

E di fatto, l'artic. 533 del detto Codice proclama che la legge prescrive delle servitù restringenti l'esercizio del privato dominio, allo scopo di favorire l'utilità *pubblica* o la *privata;* ed il successivo art. 534 definisce tosto i casi in cui possano aver luogo le servitù per utilità pubblica assegnandole al corso delle acque, ai marciapiedi lungo i fiumi e canali navigabili o atti al trasporto, alla costruzione o riparazione delle strade ed altre opere pubbliche; e soggiunge che = tutto ciò che concerne questa *specie* di servitù, viene determinato da leggi o da regolamenti *speciali*.

Per lo che poi, nel successivo artic. 535 è detto, che le servitù aventi per oggetto l'utile privato sono determinate dai regolamenti di polizia campestre, e dalle disposizioni del Codice medesimo.

Colla regola adunque « *congrua congruis referre* » abbiamo nello stesso Codice Civile il mezzo per distinguere se ad una ferrovia pubblica competano le servitù legali dell'artic. 579 del Codice istesso, oppure servitù recate da altre disposizioni legislative; poichè nel Codice si vuole fatta la distinzione tra le opere o gli enti immobili destinati all'utilità pubblica, e quelli di mera pertinenza privata, e vi si trovano coordinatamente stabilite le servitù legali. Basta lo indagare se le ferrovie pubbliche siano opere di pubblica utilità, se per la loro costruzione e riparazione vi siano leggi *speciali*, se in queste leggi speciali siano prescritte servitù da osservarsi dai confinanti alle ferrovie.

Ma chi può dubitare che per le ferrovie esista una legge speciale, e in essa siano prescritte delle servitù? Gli articoli che abbiamo richiamati, e gli altri congeneri della legge 1865 ne sono la prova più materiale e indiscutibile.

Il Codice Civile fece la loro parte a tutte le proprietà di pub-

blica e di privata pertinenza. Le servitù legali, accordate alle prime, non possono confondersi nè scambiarsi con quelle alle seconde devolute, siano esse conformi o difformi, più o meno onerose sia nel cumulo, che nell' importanza individuale.

Finchè una ferrovia è in esercizio pubblico, essa è opera di pubblica utilità. Questo carattere, che valse alle Società concessionarie il diritto maestatico per l' occupazione dei terreni privati, che altrimenti non avrebbe potuto loro competere, se vale anche alle medesime Società per pretendere l' osservanza dai privati confinanti di quelle servitù legali che sono più dannose ai terreni privati di quelle che la legge civile generale sancisce a favore dei terreni privati contigui, dee valere ben anco a sollievo dei proprietarj per quelle altre servitù spettanti alle ferrovie che sono meno dannose a confronto delle correlative della stessa legge generale.

Non importa che le Società concessionarie delle ferrovie siano proprietarie come un privato qualunque dei terreni su cui furono costrutte. Questa circostanza non paralizza la condizione delle ferrovie, di essere, cioè, opera di utilità pubblica, perchè sono esse a pubblico servigio. L'uso delle ferrovie, comechè pertinenti per dominio a Società di privati azionisti, le trasporta irremissibilmente dalla generica condizione dei beni privati alla eccezionale categoria degli enti e delle opere di pubblica utilità, presidiate e disciplinate da un ramo *speciale* di legislazione, che fa tacere ogni norma opposta o diversa della legge generale.

Cessi quel pubblico uso delle strade, e cesseranno i privilegi della legge speciale; e alle ferrovie ridotte a semplici terreni tuttavia di spettanza a titolo dominio delle Società che le aveano costrutte, potranno arrogarsi le servitù legali più utili di quelle che loro spettavano quando erano ad uso pubblico, ma del pari dovranno limitarsi quelle che per le ferrovie pubbliche erano più gravose a confronto delle spettanti ai terreni privati.

Nell' ipotesi d' altronde di questa cessazione dell' uso pubblico delle ferrovie ricorrerebbe a farsi calcolo dei diritti di ricupera dei terreni con esse occupati, che si fossero espressamente pattuiti nei contratti di cessione, o che risultassero da normali disposizioni del Governo, delle quali vi ebbe esempio durante la dominazione austriaca; avvegnachè la ricupera in quel caso, d'ordinario facoltativa per l' espropriato, sarebbe un eccellente rimedio per liberare le private proprietà da una sempre molesta osservanza di servitù a vantaggio dei terzi.

Diversamente però è a concludersi per quei terreni, che non

applicati e non necessarj alla costruzione e all' esercizio pubblico delle ferrovie, furono acquistati dalle Società concessionarie per mero desiderio degli espropriandi, o per disposizioni particolari della legge di espropriazione per causa di pubblica utilità.

Per questi terreni le dette Società non sono che pari ad ogni privato possessore, e non valgono che le servitù legali stabilite dal Codice Civile siano più o meno ristrettive di quelle prescritte nella legge sui lavori pubblici per gli enti e per le opere di pubblica utilità.

Milano, 6 dicembre 1866.

Prof. Ing. Achille Cavallini.

RIVISTA INDUSTRIALE

La ferrovia Enghien-Montmorency e le macchine della linea del Nord. — Le locomotive sulle strade ordinarie, e la nuova macchina di trazione Séguier — Prima ferrovia economica in Italia. — Le caldaje dell' esposizione di Parigi.

Mentre si agita vivamente la questione dei mezzi più opportuni per superare le pendenze delle ferrovie di montagna, e il pubblico accompagna con crescente interesse tutte le scoperte, tutti i progressi, tutte le prove che si fanno coi sistemi nuovi o nuovamente proposti, il sistema atmosferico di Berrens e Daigremont, il sistema funicolare Agudio, la locomotiva a ruote orizzontali di Fell; mentre tutti cercano come si possa surrogare la locomotiva e trarla, sul campo dell'esperienza, a manifestare la propria debolezza e la propria insufficienza dinanzi a un sistema con macchine fisse della cui superiorità teorica non v' è più nessuno che dubiti; mentre da ogni parte si congiura a detronizzare la locomotiva ordinaria sulle linee a forti pendenze, e a costringerla a rimanere in quei limiti d'applicazione che la sua natura le assegna, la locomotiva ordinaria seguita invece a guadagnare sensibilmente terreno; si prepara preventivamente sul campo ove deve essere combattuta; si accaparra, si direbbe quasi, la fiducia del pubblico per le future applicazioni, ardue come sono ed imminenti, l'esercizio dei passaggi alpini, così prossimi ad aprirsi eppure così irti di difficoltà e di incertezze. Tutti sanno che si avrà da passare, che si deve ad ogni costo passare; ma fra la poco lieta prospettiva di una galleria a foro cieco e la nessuna certezza sull' esito dei sistemi con macchine fisse, così frequentemente proposti e discussi e mai applicati e provati, l' avvenire degli esercizi alpini è ancora assai oscuro; e il pubblico si sente, senza accorgersi, condotto a rivolgersi alla locomotiva ordinaria che ha già mantenuto più di quanto pro-

metteva dapprincipio, e a domandarle se essa possa affrontare quelle pendenze e quelle curve che valgano a risparmiare le lunghe gallerie. I partigiani della locomotiva potrebbero citare per la centesima volta le applicazioni fattene agli Stati-uniti per provare che le macchine di Baldwin, di Norris e di Ellet sono capaci di superare le pendènze più forti e le curve più sentite che mai si possono adottare per un passaggio di montagna; potrebbero produrre l'esempio recente della ferrovia Dom-Pedro II nel Brasile, dove si sta stabilendo una ferrovia provvisoria al 55 per 1000 con curve di 70 metri di raggio. Ma l'America è troppo lontana; e gli esempi che ne vengono non possono essere così efficaci come quelli che la locomotiva ci offre da qualche mese sulla linea Enghien-Montmorency. Le pendenze e le curve che essa vi supera e percorre non sono, è vero, nè così audaci nè estese a così lunghi tratti come quelle ammesse sugli *Alleghanis e sulle Blue-Mountains*: ma in compenso, si tratta di un' applicazione vicina, che tutti possono verificare e studiare, e che conviene quindi meglio che le relazioni, monche necessariamente ed imperfette, che ci arrivano dal di là dell'Atlantico.

La linea Enghien-Montmorency offre una pendenza di 45 per 1000 in curva di 300 metri di raggio, e tuttavia il servizio si fa, su questa linea, con locomotive ordinarie, senza materiale articolato, senza avantreni all'americana, senza ridurre eccessivamente la velocità, senza ruote motrici orizzontali, senza un sistema speciale qualunque d'aderenza. Le stesse locomotive della linea del Nord la percorrono nelle stesse condizioni colle quali si fa il servizio sulla linea principale. Nè si tratta di un esercizio provvisorio, come lo furono in generale quelli delle locomotive americane precedentemente citate; ma di un ramo importante di una gran rete ferroviaria, e che deve durevolmente partecipare al movimento che si verifica su di essa.

L'esercizio del tronco Enghien-Montmorency fu aperto il 1 luglio di quest'anno. Il progetto e la costruzione di esso si devono all'ing. E. Level, il quale, sostenuto dall'iniziativa dei concessionarii, i sig.[i] Rey de Foresta e Marchand, ha osato assumersi la responsabilità delle pendenze e delle curve adottatevi. La linea si dirama a Enghien dalla ferrovia del Nord e si dirige a Montmorency, uscendo dalla stazione di Enghien con una curva di 200 metri di raggio ed elevandosi progressivamente con pendenze da 4, 4 a 17,5 millimetri. Al piede della collina di Montmorency la linea si estende per mezzo chilometro in curva di 500 metri di raggio e raggiunge la stazione d' estremità con una pen-

denza di 45 millimetri, che si estende sopra più di un chilometro di sviluppo.

Le locomotive destinate all'esercizio di questa linea sono le macchine Petiet, conosciute sotto il nome di *machines fortes rampes du Nord*, e che da lungo tempo, come è noto, fanno il servizio a piccola velocità sulla linea del Nord. Sono locomotive-tender con quattro assali accoppiati, che offrono una superficie di riscaldamento di 124 metri quadrati. L'entrasse fra gli assali estremi è ridotto a soli $3^m,33$ grazie alla posizione della camera del fuoco, portata all'indietro del quarto assale; ciò che facilita il passaggio delle curve senza nuocere all'equo ripartimento del peso della locomotiva sugli assali: il qual peso, ammontante a 36 tonnellate quando la macchina è caricata dell'intiero approvigionamento (4700 litri d'acqua e $1\ ^1/_2$ tonnellate di carbone) si ripartisce in 9 tonnellate circa per cadauna assale. Benchè pesante nel suo insieme, questa macchina è tuttavia, *specificamente*, fra le più leggere che si conoscano: poichè avendo una superficie di riscaldamento di 124 metri quadrati, il peso per metro quadrato di superficie di riscaldamento è di 280 chilogrammi, quasi la metà del peso corrispondente per le antiche macchine-merci. Ed è questa anzi una delle sue proprietà più caratteristiche.

Il 25 giugno, gl'ingegneri del controllo fecero le esperienze preliminari all'apertura della linea. La locomotiva *fortes rampes* rimorchiò un convoglio di 65 tonnellate, colla velocità media di 25 chilometri all'ora; avuto riguardo al peso della macchina e alla resistenza sulla pendenza di 45 millimetri e in curva di 300 metri di raggio, si può verificare che l'aderenza è compresa fra $^1/_6$ e $^1/_7$ del peso aderente, che è il peso totale della macchina. L'*aderenza fu trovata costantemente sufficiente col bel tempo, come colla pioggia*, quindi per qualunque condizione atmosferica. Durante l'esercizio, che si fa dal 1 luglio, i convogli si compongono ordinariamente di sette carrozze, del peso complessivo di 60 tonnellate, ed il servizio si fa colla velocità media di 25 chilometri l'ora nell'ascesa, e alquanto minore nella discesa.

Questa straordinaria applicazione della locomotiva è tale da suggerire considerazioni di due ordini diversi. Da una parte essa porge un argomento, una prova di più, in mano a coloro che sostengono l'inutilità o quanto meno la dubbia utilità dei sistemi speciali d'aderenza, come quello che l'ing. Fell applica al Moncenisio. D'altra parte essa può se non modificare, certo scuotere fortemente l'opinione di molti fra quelli che ritengono la locomotiva essere il mezzo meno conveniente per superare le forti

pendenze e doversi a qualunque costo tentare l' applicazione di un sistema con macchine fisse, funicolare o atmosferico, come un mezzo di gran lunga superiore alla trazione con locomotive.

Che gli organi speciali d' aderenza applicati alle locomotive ordinarie sieno, se non dannosi, almeno di un' utilità assai problematica, è un principio che ci parve sempre evidente, e a cui ci pare ancora di doverci attenere, malgrado la riuscita della macchina Fell. Ma innanzi tutto, cosa provano le esperienze fatte colla macchina Fell al Moncenisio? Esse provano che le locomotive con ruote motrici orizzontali svolgentisi su una ruotaja centrale possono benissimo fare un servizio su una linea a fortissime pendenze: ma di ciò, chi mai avrebbe dubitato? È certo che con questo sistema, come con tutti gli altri sistemi speciali di aderenza, a cui del resto il sistema Fell è di gran lunga superiore, l' aderenza ottenuta in eccesso permette di diminuire la velocità della macchina e quindi di rimorchiare un più grosso convoglio. Questo è un fatto incontestabile. Ma se una locomotiva ordinaria, senza organi speciali d'aderenza, quindi senza il sovraccarico e l' aumento di resistenze passive che ne conseguono, è capace di trarre un convoglio meno pesante con una velocità maggiore, in modo che la somma dei carichi rimorchiati giornalmente su un dato percorso sia, se non superiore, almeno uguale a quella che corrisponde al sistema Fell o a qualunque altro di questo genere; non è egli vero che i sistemi con organi speciali d' aderenza non avrebbero più ragione d' esistere? Ora il più semplice ragionamento può mostrare che deve essere appunto così. L'aderenza, per un dato lavoro di trazione, dipende dalla velocità della macchina; più è grande la velocità e minore per conseguenza lo sforzo di trazione, minore diventa anche il bisogno di aderenza: anzi, colle macchine specificamente leggerissime come si costruiscono al presente, come le nuove locomotive Gouin della linea del Nord a sei assali, si può dimostrare che alle velocità ordinarie dei convogli-merci l'aderenza è già per sè sufficiente, facendo, ben inteso, servire come peso aderente tutto il peso della macchina e dei suoi approvigionamenti. Dunque, sacrificando lo sforzo di trazione alla velocità, invece di sacrificare la velocità allo sforzo di trazione come si fa colla macchina Fell, con che si ottengono gli stessissimi risultati finali, le locomotive-tender ordinarie con tutti gli assali accoppiati possono benissimo, dal punto di vista dell'aderenza, far il servizio sulle fortissime pendenze; colla differenza che, essendo assai dubbia la convenienza dei trasporti a piccolissima velocità, come quella di 10 a 15 chi-

lometri all'ora che si raggiungono appena col sistema Fell, il servizio delle locomotive ordinarie possiede già per ciò un elemento di superiorità: rinunciare alla velocità sulle ferrovie è rinunciare, in certa guisa, ad una delle proprietà più caratteristiche della locomotiva. Ma v'ha di più. Un sistema speciale d'aderenza, sia anche così semplice e così ben disposto come quello della macchina Fell, non può aggiungersi a una locomotiva senza aumentarne il peso specifico (peso per metro quadrato di superficie di riscaldamento o peso per ogni cavallo di forza) e le resistenze passive della macchina. Ciò è tanto vero, che la stessa macchina Fell, benchè costrutta in modo da riuscire leggerissima, pesa specificamente di più ed offre una resistenza propria maggiore che non le gigantesche locomotive Gouin della linea del Nord. Cosicchè, potendosi già colle locomotive ordinarie servire un dato movimento su un dato percorso del pari che colle macchine munite d'organi speciali d'aderenza, purchè si aumenti la velocità diminuendo in proporzione il peso dei convogli, questa attitudine delle locomotive ordinarie diventa tanto maggiore in quanto esse sono più leggere e meno resistenti; e quindi si diminuirà per esse proporzionalmente il rapporto fra il carico passivo e il carico utile.

L'unica ragione di essere per le macchine dotate di organi speciali di aderenza, potrebbe essere la sicurezza sulle pendenze molto forti; gli organi stessi d'aderenza potendo convertirsi in un freno potentissimo. È appunto uno dei pregi, per noi il più importante, del sistema Fell. Ma la questione dei freni è già troppo progredita, perchè non si abbia la certezza di garantire anche le locomotive ordinarie da qualunque pericolo, sia pure sui piani inclinati dell'8 o del 10 per 100. Coi sistemi a contrappeso, e col freno Achard si possono serrare istanteneamente tutti i freni delle vetture e sviluppare una resistenza energica perchè simultanea: in caso di pericolo, ci sono i freni di sicurezza, come quello applicato alla Croix-rousse dagli ingegneri Molinos e Pronnier. E quindi, anche da questo punto di vista, la locomotiva ordinaria non sarebbe inferiore alle macchine con organi speciali di aderenza. Ma quando il confronto fra due sistemi non si fa con esperienze simultanee e sullo stesso terreno, la riuscita dell'uno appare sempre, al momento, essere esclusiva ad esso e a tutto detrimento dell'altro. Perchè non si è provato a lanciare sul tronco di prova del Moncenisio una piccola locomotiva-tender ordinaria, con tre assali accoppiati e con piccole ruote, e non si s'è pensato a confrontare i risultati che essa avrebbe dato, con

convogli più leggeri, ma con una velocità e quindi con un numero di corse giornaliere maggiore, rispetto a quelli constatati sulla macchina Fell?

Le ragioni precedenti servono a rispondere a coloro che alle deduzioni teoriche oppongono il fatto. Quanto a quelli i quali credono ancora che per le forti pendenze si è obbligati a fare le locomotive a bella posta pesanti per aver l'aderenza necessaria, opinione molto diffusa fra una certa classe di inventori, sarebbe inutile ripeter loro che le locomotive di montagna sono pesanti perchè son forti, e son forti perchè la resistenza dei convogli aumenta colla pendenza; chè anzi, lungi dall'aumentare, in vista dell'aderenza, il peso delle locomotive, si tende e si è splendidamente riusciti nelle macchine Gouin, ad alleggerire le locomotive, diminuendone il peso per unità di forza fino a metà di quello delle macchine antiche. Tuttavia, ad onta di queste evidentissime considerazioni, si trovano ancora persone che vengono a proporre delle locomotive con aderenza artificiale, basandosi su una premessa sbagliata; è vero che esse possono rispondere di dividere in ciò le opinioni del barone Sèguier, il quale ha creduto di dover riprodurre lo stesso errore di principio in seno all'Accademia delle Scienze (1).

L'audacia con cui si estende la sfera d'applicazione della locomotiva, e di cui la linea Enghien-Montmorency è la prova più straordinaria, è ben atta a ispirare più serie riflessioni che non siano quelle della necessità o meno di aumentare l'aderenza naturale delle locomotive ordinarie sulle forti pendenze. Padrona assoluta del terreno, sostenuta dall'interesse delle case costruttrici, la locomotiva si prepara a fare un'energica concorrenza ai sistemi con macchine fisse; e comincia a smentire col fatto l'impotenza, di cui tante volte venne accusata, sulle pendenze e le curve delle ferrovie di montagna. Eminentemente pieghevole, come essa è, a tutte le esigenze del servizio il più attivo e complicato, riuscirà certamente difficile a qualunque sistema di attrarre su di sè, a detrimento di essa, la fiducia del pubblico e dei capitali, per quanti vantaggi prometta, per quanto evidente risulti la sua superiorità sulla locomotiva. Qualunque sistema di trazione con macchine fisse, il sistema pneumatico a tubo o a galleria, del pari che il sistema funicolare dell'Ingegnere Agudio, é indubitatamente migliore dell'esercizio con locomotive su una lunga linea di montagna, quando si vogliano adottare per essa le pen-

(1) Vedi le *Notizie Industriali* nel *Politecnico*, parte tecnica, maggio 1866.

denze e le curve necessarie per evitare una lunga galleria di sommità. E poichè l'esempio del traforo del Moncenisio, benchè accenni di riuscire splendidamente, è a giudizio di tutti i tecnici la prova più convincente che non conviene ripetere lo stesso metodo per un altro passaggio; e poichè quindi tutto accenna alla prevalenza che avrà, nel tracciamento dei futuri passaggi, il principio delle linee a grande elevazione, colle forti pendenze e le curve sentite che ne sono la conseguenza (1), tutta la questione si riduce a decidersi una volta fra i sistemi con macchine fisse e l'esercizio con locomotive con o senza aderenza artificiale. La locomotiva costituisce un carico passivo che è tutto a diminuzione del carico utile; sulla pendenza del 45 per 1000 e colla velocità di 25 chilometri, come avviene sulla linea Enghien-Montmorency, essa sola rappresenta più della metà del carico utile: sulle pendenze del tronco di prova del Moncenisio, al 77 per 1000, e colla velocità di 14 chilometri, la macchina pesa già più del convoglio rimorchiato; sulle stesse pendenze e con velocità maggiori, o su pendenze ancora più forti e con un' ulteriore riduzione di velocità, il carico utile, il peso del convoglio in una parola, non diventa più che una frazione del peso della macchina che lo rimorchia. Quest' ostacolo e non il difetto d' aderenza è il vero lato debole della locomotiva; e lo è tanto per le macchine ordinarie come per le locomotive con aderenza artifi-

---

(1) La tendance générale des ingénieurs chargés de construire des chemins de fer est maintenant, scrisse recentissimamente a questo proposito l'ingegnere Chauveau des Roches, de diminuer le rayon des courbes et surtout d'augmenter les inclinaisons pour réaliser des économies sur les frais de premier établissement. Autrefois ce but ne pouvait être proposé; mais aujourd'hui la construction des machines locomotives a fait de tels progrès, que les inclinaisons peuvent être portées à un chiffre auquel on n'eût pas songé, il n'y a encore qu'un petit nombre d'années, et que les plus puissantes de ces machines, grâce à l'agencement des essieux, à la structure du châssis, pouvant tourner dans des courbes d'un rayon très petit. Il n'y a donc plus alors qu'à mettre en parallèle, d'un côté les frais de traction nécessités par l'emploi des machines de montagne, de l'autre la dépense supplémentaire occasionnée par l'exécution d'un tracé étudié selon les anciens errements: presque toujours la balance penchera en faveur des pentes et des courbes fortement accentuées. »

Se questo principio e le conseguenze che ne derivano non si cominciano ad applicare che con estrema precauzione, gli è perchè, non gli ingegneri incaricati dei progetti, ma i governi che danno le garanzie, non hanno l'audacia di accettarle francamente. Così, nel passaggio dei Pirenei e del Guadarrama, il governo spagnuolo aveva fissato dei limiti che la compagnia non aveva la facoltà di oltrepassare; ad onta che si provasse che, allorquando il prodotto lordo fosse inferiore a 90 mila lire al chilometro, le forti pendenze avrebbero sempre avuto il vantaggio sulle inclinazioni di 15 millimetri. Il passaggio del Sömmering e sopratutto quello della Porretta e la linea del Jura sono ancora i tentativi più arditi in quest'ordine di idee.

ciale. Nei sistemi con macchine fisse invece l'effetto utile è assai elevato e quasi indipendente dalla pendenza: col sistema Agudio e col medesimo dispendio di forza si eleverebbe, sulla linea Enghien-Montmorency, un convoglio di 120 tonnellate in luogo di 60; e sul tronco di prova del Moncenisio un convoglio triplo di quello che penosamente vi trascina la macchina Fell.

Ma, nonostante la sua inferiorità evidente sulle linee di montagna, la locomotiva traversa già i Pirenei e l' Apennino; e fra breve, ne siam certi, traverserà le Alpi con una di quelle ferrovie provvisorie che hanno tutta la tendenza a diventare stabili. Il personale tecnico delle grandi compagnie non ha in generale una fede molto fervente nei nuovi sistemi; e, convinto, come è, dei reali vantaggi offerti dalla locomotiva nell'esercizio, della facilità con cui essa si presta a disimpegnare qualunque più complicato servizio sulle linee di pianura, comincia a spingerne l'applicazione ai casi più arrischiati. I capitali pendono dubbiosi; ma finiscono per affluire là dove l'esito è certo, perchè assicurato da infiniti e splendidi precedenti: e i nuovi sistemi, forti della loro superiorità teorica, ma non potendo citare esperienze decisive, hanno la sorte di essere acclamati dovunque ma applicati in nessun luogo. Fino a quando durerà questa condizione anormale di cose, o quando per lo meno un'esperienza grande e definitiva fisserà irrevocabilmente le opinioni sull'applicabilità dei sistemi con macchine fisse? È una questione a cui nessuno, al presente, potrebbe rispondere.

Mentre si compiono e si allargano le reti ferroviarie, non si cessa meno perciò di pensare ai mezzi migliori per lanciare le locomotive anche sulle strade ordinarie. Anzi, è un' idea che prevalse fino dall' epoca in cui il concorso di Manchester sciolse il problema della locomozione a vapore sulle strade di ferro. Ma per quanto la macchina di trazione, che è come dire la locomotiva delle strade ordinarie, si provasse a rimorchiare dei convogli a servizio dell'agricoltura, o i pesanti carichi dei porti e dei docks; per quanto tentasse di farsi accettare come un veicolo ordinario, omnibus o carrozza, nelle principali vie delle città, per quanto si volesse dimostrare che essa non guasta le strade, nè spaventa i cavalli, nè rovescia i muri delle case, nè rende più frequenti le collisioni e le disgrazie, non ci fu ancor modo di renderla aggradita al pubblico sotto qualsiasi forma. E v'è in questo la più solida delle ragioni, quella dell'economia; perche nessuno ha ancora potuto dimostrare vittoriosamente che la trazione a vapore sulle strade ordinarie sia assolutamente e in ogni caso più van-

taggiosa della trazione a cavalli. Il giornale *The Engineer* che si occupa volentieri di una tale questione, è sempre pieno di lettere e di relazioni che si riferiscono alle macchine di trazione; naturalmente chi ne possiede ne esalta più che può i vantaggi, e reciprocamente. Riassumendo però il pro e il contro, si vede che regna ancora molta incertezza sull'economia definitiva della trazione a vapore rispetto alla trazione con cavalli; anzi qualcheduno ha creduto dimostrare, colle cifre alla mano, il contrario; e sostenere che i cavalli sono, in ultima analisi, meno costosi del vapore sulle strade ordinarie, tenendo calcolo di tutti gli elementi relativi.

A queste considerazioni bisogna aggiungere le altre, che le esperienze fatte colle macchine di trazione suggeriscono. Nel novembre del 1865 una grande esperienza fu istituita a Parigi, facendo rimorchiare un omnibus da una macchina di trazione su un percorso di 28 chilometri, andata e ritorno, dal ponte dell'Alma a Montretout oltre Saint-Cloud e viceversa. Il più grande difetto della macchina ci parve consistere, dalla relazione della esperienza, nell'insufficenza della sua vaporizzazione; ciò che produce due inconvenienti molto serii: la impotenza o per lo meno l'estrema difficoltà di salire le pendenze delle strade ordinarie, generalmente assai più forti di quelle delle ferrovie, e la necessità di prender acqua frequentemente, ciò che rende illusorio uno dei principali vantaggi della locomozione a vapore, la velocità. La macchina provata a Parigi impiegò quattro ore e mezza a percorrere 28 chilometri; per cui non si può dire che andasse molto rapidamente. Del resto i cavalli incontrati non si spaventano, ma sono sorpresi dall'aspetto del veicolo inusitato e della striscia di fumo e di faville che lo segue; il che in molti casi può produrre lo stesso effetto.

Tuttavia sembra che l'esperienza abbia fatto impressione nelle sfere officiali, perchè pochi mesi dopo, il ministro dei lavori pubblici emanò un decreto (20 aprile 1866) per regolare le condizioni a cui si dovrà d'ora innanzi soddisfare, in Francia, per essere autorizzati a impiegare le locomotive sulle strade ordinarie. Nel decreto son fissati il carico massimo e la massima lunghezza del convoglio, il limite della velocità, i segnali durante la marcia, il personale attaccato alla macchina, la lunghezza, gli accessori e i particolari della medesima, e infine le modalità da seguire per ottenere il permesso di circolazione. Si può dunque dire che da quest'epoca la locomozione a vapore sulle strade ordinarie è definitivamente inaugurata in Francia, misura che

infatti i costruttori di questa specialità reclamavano da qualche tempo. Avrà essa avvenire? Sarà essa applicata con vantaggio, non diremo nell'interno della città, ma in campagna e nei porti? Noi manteniamo fortemente i nostri dubbii su una simile questione. La macchina di trazione funziona in Inghilterra e in America, tanto bene che male, in molti rami di servizio, e specialmente per l'agricoltura e nei cantieri; ma la scala su cui essa è applicata, è ancora troppo limitata perchè sul continente si possa dirne sicura e vantaggiosa l'applicazione.

Comunque sia, la questione è all'ordine del giorno in Francia, al punto da attrarre l'attenzione dell'Accademia delle scienze, in seno alla quale il sig. Séguin venne a sviluppare, nel maggio scorso, alcune sue idee relative alle macchine di trazione. Secondo l'onorevole accademico, tutti gli inventori, ad eccezione del primo di essi, Cugnot, hanno battuto una falsa strada. Cugnot, che nel 1770 ideò la prima macchina di trazione a vapore, aveva applicato la forza motrice all'unica ruota d'avantreno del suo carro; ora tutti i costruttori che idearono successivamente dopo di lui delle macchine di trazione, applicarono la forza motrice alle ruote del retrotreno, in modo che la vettura è spinta, non tirata, sulla strada. « Ils ont attelé leurs chevaux par derrière la voiture » osserva il sig. Séguin e certamente non a torto. È vero che questa disposizione, comune a tutte le macchine di trazione immaginate, deriva dal bisogno di utilizzare l'aderenza delle ruote del retrotreno, il quale è più caricato dell'avantreno; chè anzi colle disposizioni comunemente adottate il bisogno di aderenza esige imperiosamente che si applichi la forza al retrotreno. Ma se si potesse prescindere, con nuove disposizioni della caldaia e del meccanismo, da questa condizione, certamente si eviterebbero i gravi inconvenienti che l'applicazione della forza motrice al retrotreno produce.

Infatti, quando la vettura deve girare, il macchinista fa girare l'assale dell'avantreno dell'angolo richiesto; ma siccome le ruote del retrotreno tendono a spingere la vettura in linea retta, bisogna o rendere indipendente dal motore la ruota interna, e far girare soltanto la ruota esterna onde far seguire al retrotreno il movimento di svolta; oppure assoggettarsi alla resistenza delle ruote d'avantreno che lavorano in isbieco sulla strada. Questa seconda circostanza essendo inammissibile, tutti i costruttori hanno applicato alle loro macchine di trazione un meccanismo per disimmorsare una qualunque delle ruote posteriori, rendendola indipendente dal motore. Ma allora la

spinta a svoltare venendo dal di dietro della vettura, la svolta si fa con un raggio assai grande, in ragione della distanza dei due assali; e intanto si perde metà dell'aderenza della macchina. « Nous défions les constructions actuelles de pivoter sur elles-mêmes, qu'on nous pardonne la familiarité de l'expression, comme un chien qui cherche à mordre sa queue » esclama il sig. Séguin; e continua a dire come egli abbia già da molti anni immaginato un sistema di vettura a vapore che possedeva invece completamente una simile facoltà, potendo girare istantaneamente a diritta e a sinistra nello spazio limitato fra i due assali: se non che, non conoscendosi a quell'epoca il mezzo di ottenere, sotto piccolo volume, una gran superficie vaporizzante, l'invenzione restò lì, per l'insufficienza di vaporizzazione della caldaia. Ora che le caldaie tubulari hanno risolto il problema, il sig. Séguin ritorna a porre la sua idea sul tappeto, e a proporne l'applicazione.

Il sig. Séguin porrebbe il motore sull'avantreno; e lo farebbe consistere in quattro cilindri, due per cadauna ruota, l'assale di avantreno essendo diviso in due parti indipendenti, che riceverebbero il movimento separatamente dalle due coppie di cilindri. La caldaia sarebbe portata dal retrotreno, ma in modo da pesare principalmente sull' avantreno. Due *coulisses* di Stephenson comanderebbero la distribuzione dei due motori, in modo da poter con esse ottenere non solo la variazione dell'espansione, ma anche il movimento in avanti o all' indietro e l' arresto, come sulle locomotive. Le impugnature di esse sarebbero alla portata del conduttore, il quale così può comandare il movimento dei due mezzi assali d' avantreno, variarne la velocità di rotazione, farli girare avanti o indietro, fermarli, e tutto ciò indipendentemente l'uno dall' altro. Invece di due impugnature, il fecondo accademico, nell' idea di assimilare la direzione della sua vettura a quella di una vettura tirata da cavalli, vorrebbe che il conduttore avesse fra le mani due strisce di cuoio, due vere redini in una parola; cosicchè il conduttore diventa come un cocchiere a cui non mancherebbero che i cavalli; ma i cavalli sarebbero sostituiti dalle due coppie di cilindri.

Con una simile disposizione, se fosse praticamente attuabile, la manovra della vettura diventerebbe facilissima ed esente dai difetti che il sig. Séguin rimprovera a ragione alle macchine di trazione attuali. Allentando più o meno le due redini insieme, il conduttore imprimerebbe alla vettura un movimento più o meno accelerato in avanti, simulerebbe l' andatura del galoppo,

del trotto, del passo. Tirandole più o meno insieme, si otterrebbe la marcia all'indietro, più o meno rapidamente: arrestandole a mezza corsa, si avrebbe il punto morto delle *coulisses* e quindi l'arresto della macchina. Quando si tratta di svoltare, basta arrestare o rallentare il movimento della ruota interiore o accelerare quello dell'esteriore; e ciò si otterrebbe tirando l'una e allentando l'altra delle due redini, precisamente come dovrebbe fare un cocchiere ordinario. E così la operazione dello sterzare si farebbe colla massima facilità non solo, ma con quella più o meno grande rapidità che lo spazio concesso alla svolta consiglia: basterebbe per ciò moderare opportunamente la velocità della ruota esterna o arrestarla tutt'affatto. È una proprietà preziosa specialmente dal punto di vista della sicurezza: « Dans les voitures à vapeur actuelles, osserva il signor Séguin, la direction ne peut être opérée que lentement par des organes multiplicateurs de la puissance, exigeant un sacrifice de temps: pour faire tourner la voiture, cette manoeuvre devra être faite et défaite avec précipitation, si l'on veut qu'après un quart de conversion la voiture se remette à suivre la ligne droite. Mais comme cette manoeuvre est lente, elle expose à voir la voiture prendre des écarts latéraux de direction dangereux sur des routes bordées de maisons, funestes sur des chaussées flanquées de précipices. » Ma col suo sistema il conduttore invece di girare penosamente l'assale d'avanti, non ha che a manovrare delle *coulisses* equilibrate che non offrono resistenza apprezzabile.

Tutta la difficoltà del sistema Séguin consiste nel caricare la caldaia e il motore sul carro, in modo che il maggior peso graviti sull'avantreno, di cui si utilizza l'aderenza: bisognerà per ciò modificare tutte le forme ammesse fino al presente per le macchine di trazione. Anche il meccanismo proposto dall'onorevole accademico non è certamente dei più semplici, nè dei più propri al genere di servizio che queste macchine devono prestare, esigendo quattro cilindri e un sistema complesso di distribuzione. Ma non è impossibile che, nelle mani di un abile costruttore, tutte queste difficoltà sieno felicemente superate.

Qualunque progresso si faccia, la locomozione a vapore sulle strade ordinarie non avrà mai tuttavia un'importanza pari a quella delle ferrovie economiche, a piccola sezione e stabilite, ove è possibile, sul margine delle strade carrettiere. Le comunicazioni vicinali, quelle fra comune e comune, e fra i centri minori di popolazione o d'industria colle linee ferroviarie prin-

cipali possono farsi senza dubbio colle macchine di trazione sulle stesse strade carrettiere ordinarie: ma si possono anche fare, e di gran lunga meglio, coll'impianto di ferrovie economiche sullo stesso percorso delle strade carrettiere. E se l'avvenire della locomozione a vapore sulle strade ordinarie è assai problematico, e assai problematico anche quello delle ferrovie a cavalli, non è permesso di dire altrettanto delle ferrovie economiche, le quali sole invece danno la possibilità di completare convenientemente le comunicazioni di un paese. Il commercio, l'agricoltura, l'industria hanno il massimo interesse a valersi di queste linee di second'ordine, stabilite a così piccolo prezzo eppure offrenti, in proporzioni più ristrette, tutti i vantaggi delle grandi linee ferroviarie. E in Italia, forse più che in altri paesi, può essere grandissima l'utilità delle ferrovie economiche perchè l'industria vi è meno accentrata che altrove; perchè, se esistono le linee principali, mancano ancora molte linee di diramazione, e queste costerebbero troppo in paragone del loro reddito quando si stabilissero nelle stesse proporzioni del tronco principale; perchè infine il vantaggio che ne trarrebbero gli utenti, trarrebbe seco un vantaggio per lo Stato, diminuendo il peso delle garanzie in proporzione del maggior traffico che apporterebbero alla rete principale. Quando l'iniziativa delle provincie, dei comuni e dei privati si risvegliasse ed agisse energicamente in questo senso e la comunanza di interessi facesse nascere l'associazione delle volontà e dei mezzi, molti prodotti troverebbero uno sbocco che ora non hanno, molte industrie potrebbero quindi prendere uno sviluppo che adesso è loro negato. Ci basti citare la questione dei combustibili, questione vitale se ve ne hanno, per le nostre industrie. Noi possediamo vastissime torbiere e tutti cominciano ora ad accordarsi nel dire che esse devono rappresentare d'ora in avanti per noi le miniere di carbon fossile dell'Inghilterra, della Prussia e del Belgio. Se in Inghilterra, dove la torba è pure abbondantissima, non la si considera che come un combustibile di second'ordine, è naturale; ma come tale non la si deve considerare in Italia. Per noi deve aver forza piuttosto l'esempio della Baviera, dove il consumo della torba è salito, dal 1844 al presente, a più di mezzo milione di metri cubi, facendo abbassare del 30 per 100 il prezzo della legna che da noi invece è in continuo aumento. Ma la mancanza di buoni metodi di lavorazione della torba o piuttosto la poca fiducia dei capitali che vi dovrebbero essere impiegati, e sopratutto la difficoltà delle comunicazioni fanno sì che la torba viene consumata entro una zona ristretta

intorno al centro di produzione; mentre il trasporto a grandi distanze di una materia così voluminosa quando non è depurata e compressa, e col sistema meno economico di trazione, la trazione a cavalli, ne eleva il prezzo in modo che non è più possibile di fare con essa la concorrenza al carbone forestiero. Le ferrovie economiche muterebbero d'un tratto le condizioni di questa industria; e potrebbero forse segnar l'epoca di un completo rivolgimento nelle condizioni di tutte le industrie del paese; poichè il loro alimento, la sorgente del calore e della forza è il combustibile.

L'Ing. A. Cottrau ha avuto il merito di porre pel primo la questione delle ferrovie economiche in Italia; e in una pubblicazione importante e in questo stesso giornale ne ha mostrato con grande evidenza i vantaggi. Ora siamo lieti di annunciare che l'iniziativa dell'ing. Cottrau comincia a portare i suoi frutti. Ci vien riferito di un progetto per una ferrovia economica, vicino ad attuarsi e che servirebbe appunto e specialmente una grande torbiera, i cui prodotti hanno sbocco a Torino: la ferrovia Torino-Orbassano - Giaveno. I particolari che seguono ci furono gentilmente comunicati dall'ing. T. Agudio, a cui si deve il progetto. Si tratta di una linea lunga 27 chilometri il cui servizio principale consisterebbe nel trasporto della torba; al quale scopo i gabbioni stessi della torba verrebbero, a risparmio di tempo, di spesa e di perdita nel carico e scarico, collocati sui *trucks* nel percorso della linea e da quelli scaricati all'arrivo su appositi carri. La stessa torba si adopererebbe come combustibile sulla locomotiva. La larghezza del binario è di $1^m, 10$, la pendenza massima di 13 millimetri, la curvatura massima di 48^m di raggio: le ruotaie peserebbero 17, 5 chilogrammi al metro corrente. La ferrovia dovrebbe costeggiare l'attuale strada carrettiera, anzi ne occuperebbe una larghezza di 2^m sul margine, lasciandone i restanti $6^m, 50$ alla circolazione ordinaria: la piattaforma stradale si estenderebbe per altri $1^m, 50$ al di fuori della strada, compreso il fossato. La ferrovia sarebbe separata dalla strada carrettiera per mezzo di uno steccato semplicissimo da surrogarsi, più tardi, con una siepe viva che intanto si pianterebbe. Le locomotive progettate per questa linea pesano 9 a 10 tonnellate, ed hanno quattro ruote con un entrasse di $1^m, 70$; le carrozze da viaggiatori contengono da 22 a 24 persone e pesano $2\frac{1}{2}$ tonnellate. Ogni convoglio dovrebbe sempre avere un vagone postale, che servirà contemporaneamente come ufficio di distribuzione dei biglietti e come deposito di bagagli. Le stazioni sem-

plicissime; in qualche luogo invece di una stazione un semplice casotto di fermata. Il conduttore dai biglietti che ha emesso, saprà se e dove fermarsi, a risparmio di tempo. I capi stazione di Torino, Orbassano e Giaveno farebbero anche l'ufficio di telegrafisti, tutti gli altri quello di capi squadra per le riparazioni della via. Come si vede, tutte le economie possibili sono introdotte nella costruzione e nell'esercizio, compresovi la gratuità dell'amministrazione, che dovrebbe essere disimpegnata dai portatori di un maggior numero di azioni, inclusi i sindaci dei comuni interessati. Tutta questa riduzione di spese permetterà la riduzione delle tariffe di trasporto a metà dei prezzi delle ferrovie ordinarie, assicurando nello stesso tempo un interesse considerevole del capitale impiegato; si intende calcolando il sussidio a fondo perduto che sarebbero chiamati a dare gli undici comuni interessati. La linea si conta che debba costare circa 48 mila lire al chilometro, ad onta che gli ultimi sette chilometri della medesima si debbano costruire sul letto del torrente Sangone, il quale verrà anche attraversato da un ponte di 43^m di lunghezza. Si calcola a 5 mila lire il prodotto annuo chilometrico e il trasporto della torba ne forma la massima parte: per cui, tenuto conto di 400 mila lire di sussidio a fondo perduto dei comuni attraversati, l' interesse del capitale impiegato ammonterebbe al 15 per 100 circa.

L' esercizio di simili linee non presenta certo l'esattezza e la regolarità di quello delle ferrovie principali; ma se in quest'ultime è un requisito indispensabile del servizio che i viaggiatori sieno, diressimo, agli ordini dell'amministrazione della ferrovia nell' interesse generale del pubblico che ne approfitta, nelle prime invece è la ferrovia che si pone in certo modo a disposizione dei viaggiatori; è un genere di trasporti che si avvicina più al servizio delle diligenze che non a quello delle ferrovie ordinarie. Ma questo modo di far l' esercizio è del tutto conforme ai bisogni che esso è destinato a soddisfare, e li soddisfa tanto meglio in quanto che, nel raggiungere questo scopo, congiunge alla semplicità la massima economia. Qual fonte di ricchezza non potrebbe essere per molte località la creazione di simili ferrovie, che richiedono un concorso pecuniario così limitato, così alla portata dei mezzi di cui può disporre la maggior parte delle provincie e dei comuni, e che presentano nel medesimo tempo tanta facilità di impianto, tanta economia di tariffe, tanta semplicità di servizio!

La futura esposizione di Parigi comincia già ad attrarre la pubblica attenzione. È sperabile, anzi più che sperabile, è certo, che gli insegnamenti di cui sarà ricca l'esposizione saranno assai migliori di quelli che certi particolari quasi puerili, dovuti a chi ne dirige l'ordinamento, sembrano prometterci. Nessuno, crediamo, si illuderà, per esempio, sull'importanza che una rivista retrospettiva dell'industria umana, la *Storia del lavoro*, possa avere per gli industriali che frequenteranno l'esposizione allo scopo di trovarvi un insegnamento ben più efficace, la storia dell'industria viva, il quadro dei progressi compiti nel giro di quattro anni. L'utilità d'una esposizione universale è reale e grande: per le persone di scienza che possono coordinare, confrontare e apprezzare al loro giusto valore i progressi delle industrie, come e più ancora per l'industriale che all'esposizione studia l'importanza relativa dei diversi centri di produzione, impara i modi di migliorare i proprii metodi di fabbricazione, vede le condizioni in cui si trovano i proprj prodotti rispetto a quelli degli altri fabbricanti dello stesso genere; e quindi trova modo di appropriarvi la sua produzione e di stringere nuove e proficue relazioni commerciali. Ma non bisogna arrischiare di gettare il ridicolo su un avvenimento così importante, esagerandone la messa in iscena e scemandone la solennità con accessori per lo meno inutili allo scopo che esso si propone.

Gli *Annales du Génie Civil* da qualche tempo fanno conoscere i progressi del fabbricato dell'esposizione e i particolari relativi. Ora hanno pubblicato alcune notizie concernenti le grandi caldaje che si dovranno installare nel palazzo, e che serviranno a porre in movimento le macchine esposte. Ve ne saranno di due costruttori; le une delle fabbriche Galloway e figli di Manchester, le altre dei noti costruttori di Lione Chevalier-Duvergier. I costruttori inglesi e francesi rimangono sempre singolarmente attaccati ai propri tipi di caldaje; così nelle caldaje Galloway si vede riprodotto il solito tipo di Cornovaglia a due focolari e nelle caldaje francesi il sistema tubulare, con tubi riscaldatori e col disseccatore del vapore. Ambedue i fabbricanti si sono proposti di dare una grande estensione alla superficie di riscaldamento dei loro generatori; il fabbricante inglese in special modo, per mezzo di una serie di tubi tronconici attraversanti verticalmente il condotto centrale del fumo, che raccoglie i prodotti della combustione dei due focolari. Tuttavia, come avviene in molte caldaje inglesi, le forme interne sono troppo tormentate e di poco facile accesso; un altro grave difetto dei generatori Galloway è la forma

elittica del condotto centrale; forma eminentemente deformabile, quando non la si consolidi con molte armature interne di cui son noti d' altra parte gli inconvenienti.

I generatori dell' impresa Chevalier-Duvergier son di due tipi; l'un di essi, con due focolari, è costrutto nella vista di poter fornire facilmente le quantità assai variabili di vapore che si richiederanno dalle macchine esposte. È a ritorno di fiamma e a focolare amovibile; disposizione assai felice, che fu adottata quasi contemporaneamente da Chevalier e da Thomas e Laurens: la disposizione dei tubi, i quali sono a gomito, è nuova, ma non ci sembra egualmente felice; nelle caldaje in genere e nelle tubulari in ispecie, noi vorressimo che si cercasse innanzi tutto di raggiungere la massima semplicità di forma o la massima accessibilità delle parti interne anche a costo di sacrificare qualche altro vantaggio, la diminuzione di volume della caldaja o la maggior estensione della superficie di riscaldamento. I tubi riscaldatori percorsi dall' acqua d'alimentazione in senso contrario al fuoco che si porta nel camino, e il serbatojo elevato di vapore al di sopra del corpo cilindrico sono ottime disposizioni; e di quest' ultima Gouin e Petiet hanno fatto un' eccellente applicazione nelle loro grandi locomotive della linea del Nord. Il secondo tipo costrutto da Chevalier per l' esposizione è una caldaja tubulare comune, in cui la lunghezza ordinaria dei tubi è diminuita a tutto vantaggio della camera del fuoco; così le fiamme possono svilupparsi liberamente al di là della grata senza essere arrestate, come avviene d' ordinario, dalla immediata vicinanza della piastra tubulare; e questa piastra stessa è meglio preservata dai colpi di fuoco. Anche questa caldaja è munita di un grande serbatojo di vapore.

Due tendenze rimarchevoli nella costruzione di generatori di vapore si manifestano nelle caldaje destinate all' esposizione; poichè tutto ci porta a supporre che esse rappresentino quanto di più perfetto si può fare al presente in questa fabbricazione. L'una è la diminuita importanza delle caldaje a focolare esterno, e il predominio che tende ad avere il tipo di Cornovaglia, con o senza tubi longitudinali: l'altra è l' adozione dell' acciajo in sostituzione al ferro. Il buon mercato relativo dell' acciajo Bessemer, la sua resistenza più che doppia di quella del ferro e nello stesso tempo la facilità di lavorarlo in lamiere, e infine il nuovo regime inaugurato in Francia col decreto 25 gennaio 1865, col quale sono revocate tutte le prescrizioni relative al materiale e allo spessore della lamiera per le caldaje a vapore, rendono non solo possi-

bile, ma vantaggioso l'uso dell'acciajo. Nei due generatori di Chevalier-Duvergier i focolari sono di lamiera d'acciajo fuso, e tutto il resto è di lamiera d'acciajo Bessemer; il che fa sì, che una caldaja, come è quella del primo tipo del costruttore francese, timbrata a sei atmosfere e mezza, e avente una superficie di riscaldamento di 65 metri quadrati, può essere fornita, accessorii compresi, al prezzo di 9000 lire.

Ing. G. Colombo.

F. BRIOSCHI, *Direttore e Gerente risponsabile.*

IL POLITECNICO.

MEMORIE.

NOTA

ALLA

Relazione della Commissione per l'esame dei progetti per l'irrigazione dell'Alta Lombardia. Milano, coi tipi Bernardoni, 1866.

La Relazione della Commissione incaricata dal Consiglio Provinciale per l'esame dei vari progetti stati elaborati per la irrigazione dell' alta Lombardia è tale lavoro che onora chi ebbe a redigerla, sia per l'ordine cospicuo con cui venne trattato l'interessante argomento, sia per la chiarezza della esposizione, sia per la molta dottrina che vi è sparsa e che condisce e dà autorità allo scritto. La materia vi è esaminata sotto tutti gli aspetti e con molta imparzialità, e lascia in chi legge un concetto abbastanza netto delle varie questioni in proposito agitate. Gli egregi membri però, pur cercando una soluzione al problema che loro parve imperfettamente raggiunta dai varj progettanti, nel mentre raccolsero preziosi dati all' uopo, credettero di non adempiere perfettamente al loro mandato senza formulare la proposizione di un progetto loro proprio, il quale, se teoricamente può ritenersi soddisfacente come un corollario dei fatti e delle premesse, deve trovare però nella pratica sua attuazione tali ostacoli da renderlo ineseguibile, tanto sotto l'aspetto tecnico e finanziario, quanto sotto l'aspetto economico ed agricolo. È questa una mia convinzione, frutto di un lungo meditare in argomento al quale ho consacrato da tempo studj e fatiche tanto nell'interesse del paese, quanto in quello della scienza applicata; e mi proverò a giustificarla con questo scritto, del quale

sento tanto più la necessità in quanto che le deliberazioni del Consiglio Provinciale[1] approvando in massima le conclusioni e per conseguenza il nuovo progetto della Commissione, possono diventare un ostacolo alla realizzazione di un' opera di tanta utilità per lo sviluppo della nostra agricoltura.

Non entrerò a fare una minuta analisi della Relazione, la quale suppongo debba essere nelle mani de' miei lettori che si interessano della cosa. Essa ammette fin dalle sue premesse un assioma, ed è il seguente: « Non essere possibile il provvedere sufficientemente alla irrigazione dell' intera zona dell'alto Milanese « compresa fra i colli di Varese e della Brianza, i Navigli grande e « della Martesana, ed i fiumi Ticino ed Adda se non si pensi ad entrambe le derivazioni ideate dal Lago di Lugano e dal Lago « Maggiore ». Ed appoggiata a questa massima preliminare e preconcetta, dopo passati in minuto esame i varj progetti a lei comunicati, e dopo una serie di argomenti, di illazioni e di calcoli conchiude col proporre:

1.° La esecuzione di una derivazione dal Lago di Lugano per la quantità di m.^{3} 24 al 1″, regolandone mediante chiusa all'emissario il deflusso e seguendo le traccie indicate nel progetto Possenti.

---

(1) Ecco il testo della deliberazione del Consiglio Provinciale di Milano, in data 12 dicembre 1866, ricavato dal rendiconto pubblicato dalla *Perseveranza* del successivo giorno 14.

« La provincia di Milano si obbliga per la somma di cinque mil« lioni di lire a titolo di sussidio a capitale perduto, e sotto quelle di« scipline cautelari che saranno determinate dal Consiglio Provinciale « nella spesa di costruzione di canali, che derivanti per ogni minuto « secondo non meno di 44 metri cubi d'acqua dal Lago Maggiore e « di 24 metri cubi dal Lago di Lugano provvederanno sufficientemente « alla irrigazione delle zone dell' Agro Milanese comprese fra i colli « di Varese e la Brianza. Questo sussidio però non sarà consegnato a « chi di ragione, se non quando la condotta delle acque nella succi« tata quantità sarà stata compiuta e perfezionata ».

Questa deliberazione evidentemente escluderebbe ogni ulteriore discussione in argomento presso la Rappresentanza Provinciale. Essa dice apertamente: o seguite queste massime, o non isperate altrimenti nè sussidio, nè appoggio da me. Fortunatamente però i nostri padri coscritti, la cui pluralità è animata da vero amore del pubblico bene, non mancarono in altre occasioni di ritornare sui loro passi, quando la pubblica discussione e la generale opinione li fecero accorti di essersi posti su falsa via. Però, viste le attuali contingenze economiche del paese e quindi la nessuna probabilità di una prossima attuazione del progetto, prudenza avrebbe dovuto condurli ad abbracciare la proposta sospensiva di Finzi.

2.° La esecuzione di una derivazione dal Lago Maggiore per la quantità di m.^{3} 72 al 1'' da rendersi possibile pure mediante la costruzione di una chiusa a paratoje al suo scarico a Sesto-Calende, diretta a moderare gli efflussi del Lago in modo da ridurlo a serbatojo artificiale tale da supplire alla eventuale deficienza della precalcolata quantità d'acqua che verificasi attualmente nelle stagioni di magra.

Essa valuta il dispendio per la prima derivazione in via di approssimazione a 24,000.000 di lire, e le rendite sperabili, quando siano utilizzate tutte le acque, ad annue L. 1,200.000: e quello per la seconda derivazione a 40,000.000 di lire, colla rendita sperabile in L. 4,000.000: e perchè la deficienza di rendita della derivazione del Lago di Lugano non abbia a scoraggiare, ed impedirne la esecuzione, propone che le concessioni dei due canali siano tenute fra loro così strettamente solidarie da non impartirsi se non cumulativamente onde « i maggiori utili sperabili dalla « derivazione del Lago Maggiore possano compensare le maggiori « spese che relativamente risultano occorrere per quella del Lago « di Lugano » il che in concreto significa collegare forzatamente una magra speculazione ad una buona a costo di ruinarle ambedue allontanandone i concorrenti.

Io ammetto la possibilità di ricavare dal Lago di Lugano la proposta quantità d'acqua mediante chiusa all'emissario con opportuno giuoco di paratoje che ne aumentino nel bacino gli efflussi nei periodi piovosi per dispensarli a poco a poco in un canale irrigatore. Ciò venne provato ad esuberanza dai pazienti e minuti calcoli dell' Ingegnere Possenti: e le misure delle portate della Tresa da me all' uopo fatte praticare in varj periodi di altezza del Lago largamente rispondenti alle sue ipotesi, me ne danno il pieno convincimento. Quando però discendo col pensiero alla necessità che questa derivazione porta con sè della costruzione di una galleria sotterranea della lunghezza sia pure di soli chilometri 12. 50, come venne ora ridotta dalla Commissione, maggiore cioè del gran tunnel del Moncenisio, ed alle molte incertezze e difficoltà inerenti alla sua pratica costruzione, mi trovo indotto a domandar a me medesimo se si troverà Compagnia che voglia assumersene la esecuzione a tutto suo rischio, o se potrà sobbarcarvisi la pubblica Amministrazione, o garantire un limite di spesa, avuto riguardo specialmente alla già prevista piccolezza dei risultati economici di questa derivazione. Le condizioni geologiche di quelle colline del periodo terziario, le loro stratifica-

zioni tormentate ed irregolari in forza delle sussultuarie ebullizioni della massa ignea cristallina che ne produsse il sollevamento, il trovarsi dell' andamento della galleria sotto piani mancanti di scolo onde ne vennero i laghetti e le paludi di Bisuschio, di Arcisate e di Brenno, fanno presupporre immancabili delle forti filtrazioni d'acqua, e probabilmente anche una viziazione d'aria ed il bisogno di artificiale ventilazione: ostacoli questi resi più gravosi e sensibili dalle sfavorevoli circostanze dell' altezza straordinaria dei pozzi che si suppongono da costruirsi in numero di 25, della profondità media di m. 90 e distanti fra di loro m. 500, e dalla pendenza della galleria da una sola parte. Questa condizione di cose richiederà l'impianto di costosi cantieri per ogni pozzo con potenti macchine a vapore destinate tanto a muovere delle pompe di straordinaria solidità e complicazione in relazione alla grande altezza a cui deve essere elevata l' acqua, quanto a spingere nel profondo cavo l'aria respirabile, a calare gli uomini ed i materiali di costruzione, e ad estrarre la materia di escavo. Ora chi abbia pratica di simile genere di costruzioni in cui talvolta la piccolezza della galleria è un ostacolo anzichè un utile al lavoro per la necessità di procedere contemporaneamente alle opere di escavo, di puntellazione e di muratura per l'angustia del sito, si persuaderà facilmente della poca influenza relativa delle sue dimensioni sul prezzo lineare della costruzione; e ponderando tutte le serie di difficoltà superiormente ricordate, non potrà a meno di non riconoscere a primo colpo d'occhio la insufficienza del prezzo attribuito dalla Commissione a questo lavoro di sole L. 850 al metro lineare. Il relativo costo infatti, come dimostro in nota (1) non può essere ritenuto a meno di

---

(1) Analisi dell' importo della costruzione di una galleria sotterranea per la derivazione delle acque di irrigazione dal lago di Lugano a Varese, giusta il progetto Possenti modificato dalla Commissione Provinciale.

1. Formazione dei cantieri ai pozzi d' attacco. Per ognuno di essi occorre:

a) Provvista ed impianto di una coppia di macchine a vapore fisse della forza di 15 cavalli cadauna. . . .	L.	25000
b) Simile di una coppia di trombe aspiranti e prementi con tubi di scarico proporzionati alla tensione media di nove atmosfere coi necessarj tiranti e trasmissori. .	»	15000
c) Simile di un ventilatore con tubi di condotta e trasmissioni	»	8000
Somma da riportarsi . .	L.	48000

L. 1250 come aveva esposto nella mia relazione al progetto Tatti-Bossi, cifra a cui si è elevata la spesa di alcune gallerie per strade ferrate anche ad un solo binario in condizioni assai meno

Somma riportata . .	L.	48000
d) Simile di tamburi, puleggie, catene e secchioni per calare ed alzare persone e materiali	»	5000
e) Costruzione di una tettoja al pozzo, magazzini per il carbone, olii ed attrezzi, e capanne di ricovero per gli operai, officine di riparazione, ecc.	»	12000
f) Acquisto od affitto di uno spazio, tanto per l'impianto del pozzo e cantieri ed accessorj, quanto per i depositi delle materie di escavazione che si calcolano di circa m^3 10000 per pozzo, $m.^3$ 7500 a L. 1,00	»	7500
g) Costruzione od adattamenti di strade d'accesso per il trasporto di materiali, indennizzi, ecc.	»	2500
Totale per ogni pozzo	L.	75000
e per pozzi num. 25	L.	1,875,000
2. Costruzione dei pozzi del diametro di m. 3,00 rivestiti in muratura nella profondità media di m. 90, n. 25 a L. 300 al metro, cioè L. 27,500 cadauno .	»	67,5000
3. Escavo materia e suo alzamento e deposito fuori del pozzo, ritenuta la galleria di forma circolare con rivestimenti della grossezza media di m. 0,50: superficie a metro andante comprese le false manovre: $m.^3$ 23,00 a L. 14, per metro cubo, ossia L. 322,00 per metro andante, e sopra m. 12500	»	4,025,000
4. Puntellazioni e ferrovie provvisorie sotterranee in ragione di L. 125 al metro andante	»	1,562,500
5. Costruzione della muratura di rivestimento in cemento idraulico, comprese le centinature per ogni metro andante m^3. 7,50, e per m. 12500 = m^3. 93750 a lire 45	»	4,218,750
6. Combustibile, macchinisti, e manutenzione della macchina a vapore, trombe, ventilatori ed attrezzi, si calcolano L. 100 al giorno per cantiere, ossia L. 2500 in totale, e sulla durata di giorni 1000 di lavoro che si reputa necessaria alla costruzione della galleria .	»	2,500,000
7. Formazione delle testate della galleria, e presa d'acqua nel lago	»	643,750
sommano	L.	15,000,000
si aggiunge per spesa d'amministrazione, ecc., il 10 0/0	»	1,500,000
totale	L.	16,500,000
Deducesi per ricavo macchine ed attrezzi ad opere ultimate	»	900,000
Residuano	L.	15,600,000

corrispondenti a L. 1250 al metro andante.

difficili della presente [1]; non potendosi prudentemente tener calcolo in affare di tanto rilievo della ipotesi di favorevoli eventualità di qualche tratto senza gravi filtrazioni e che non richieda che sottili rivestimenti, come non si può tener calcolo di eventualità sfavorevoli per frane o sfondamenti durante la costruzione. Ora quando si prenda simile dato per base di calcolo, si vedrà la necessità di aumentare il costo dell' opera di oltre cinque milioni sul prezzo ritenuto dalla Commisione, aumento che credo tuttora insufficiente per le enormi trincee da escavarsi nei colli di Vergiate, profonde in media almeno quindici metri per passare dal bacino del Lago di Varese a quello della Strona: sicchè non dubito ad asserire che la effettiva spesa per questa derivazione sarà per oltrepassare la somma di trenta milioni e rendere quindi tanto tenue il ricavo da annullarne la convenienza. E certo, tanto la Commissione quanto il Consiglio Provinciale se ne persuaderebbero quando facessero assumere studj locali di dettaglio o prendessero in considerazione i rilievi di profili, che io studiando la materia ho fatto rilevare ed ho uniti al progetto Tatti-Bossi.

Un'altra ragione saliente sta contro la proposta di una derivazione dal lago di Lugano, ed è la natura della maggior parte della zona di terreno su cui verrebbe destinata a lavorare, la quale non è suscettibile di essere utilmente irrigata. Nella superficie compresa fra il Ticino, i colli Varesini e l'Olona giù fino ad una linea tirata da Castano, Sacconago, Busto-Arsizio ed Olgiate-Olona, se pure alle falde dei colli ed in alcune depressioni trovasi qualche striscia coperta da un leggiero strato di terreno vegetale, o meglio di un limo magro leggiero e slegato, quasi oasi in un deserto; la natura del suolo ghiaioso con sottostrati di ciottoli e per conseguenza estremamente bibulo osta evidentemente alla sua irrigabilità nel senso agricolo. Io ho interrogata più volte la opinione di alcuno dei più valenti nostri agricoltori e fittabili

(1) Costo di alcune gallerie sotterranee per ferrovie ad un solo binario.

Charleroy-Ferrovie del Belgio,	lung^a. m. 1288,	larg^a. m. 4,80,	al m. L. 1240
Brain-le-Comte	» » 641	» » 5. —	» » 1200
Lucerna-Centrale Svizzera	» » 319	» » 5,40	» » 1128
Stutz-Unione Svizzera	» » 120	» » 4,71	» » 1356

W. Pressel und I. Kauffmann, *der Bau der Hauensteintunnels auf der Schweizerischen Centralbahn,* Basel 1860.

NB. Il costo della galleria di Hauenstein sulla ferrovia tra Zurigo e Basilea a due binarj nella lunghezza di m. 2500 circa della larghezza di m. 7,80, fu di L. 1923 al metro lineare.

dei terreni irrigui del milanese, e tutti si dichiaravano persuasi della nessuna convenienza economica di introdurre la irrigazione negli scopeti non solo, ma forse anche nelle terre arative dell'alto milanese per la natura del suolo soverchiamente sciolto e siliceo. Nè l'esempio addotto dalla Commissione delle terre leggiere del Lodigiano, le quali mercè un secolare sistema di irrigazioni si copersero di una falda di terreno vegetale che formò fondo a quelle magnifiche praterie ormai celebri nel mondo, vale al nostro caso, nel quale trattasi di aque sempre chiare e limpide quali sono quelle dedotte da un lago, che non solo non possono lasciare alcun deposito di limo, ma che somministrate in qualche abbondanza tenderebbero a trascinare nella cavità degli strati inferiori di grosse ghiaie quel poco di concime che vi si spargesse sopra; e ne abbiamo una prova nel fatto dei torrenti Arno e Strona i quali, benchè scendano dalle colline talvolta grossi e limacciosi, pure non giungono a portare le loro acque sino al Ticino, ma giunti al piano scompaiono fra le ghiaie del suolo dopo pochi chilometri, nè bastarono dopo secoli le loro torbide ad otturarne i meati inferiori. Quando poi si rifletta all'elevato prezzo a cui fu preventivata la vendita dell'aqua, alla quantità occorrente in queste regioni eccessivamente permeabili per una regolare e proficua irrigazione, più che doppia di quella che occorre nei terreni più o meno tenaci della nostra bassa, verranno a convertirsi in certezza i dubbi circa la convenienza pratica del progetto, dubbi resi ancora più vivi dalla considerazione del poco valore relativo di quelle terre e dalla inerente generale povertà di quelle popolazioni agricole, dacchè dovendo importare le opere di canalizzazione e di riduzione necessarie per disporre il terreno a piani pressochè orizzontali un dispendio ben maggiore del loro prezzo attuale, non potrebbero assolutamente garantire sullo stesso i capitali che fossero per chiedere a prestanza. Ed è a lamentarsi che non sieno stati aggiunti alla Commissione almeno due esperti agricoltori, i quali avrebbero potuto giudicare con piena cognizione di causa circa la opportunità dell'opera nei riguardi della sua pratica applicazione alle diverse località.

Le obbiezioni infatti che si fanno circa la irrigabilità della zona tra il Ticino e l'Olona non sono applicabili a quella che si estende tra l'Olona ed il Lambro per la natura diversa del suolo meno permeabile, e specialmente per le Groane, comprendenti le lande argillose tra l'Olona e la Lura, capaci di essere ridotte mediante l'irrigazione e con poca aqua e tenue spesa di appianamenti a fertilissime risaie; ma in questo caso la traccia del canale dovrebbe

seguire altro corso, e raggiunta sopra Varese la valle d'Olona seguirne in alto il suo tortuoso corso a sinistra per raggiungere l'altipiano presso Gorla Maggiore e volgere quindi a levante verso Barlassina con probabile risparmio di spesa di canalizzazione, e ciò sempre ove non ostasse lo sproporzionato dispendio tra il primo impianto e la quantità d'acqua ritraibile ed utilizzabile.

Un altro punto che non venne sufficientemente sviluppato dalla Commissione nella sua pratica applicazione si è quello della gran chiusa proposta da eseguirsi attraverso il Ticino, inferiormente a Sesto Calende, per poter usare del bacino del Lago Maggiore qnale conserva d'aqua alimentatrice della proposta derivazione in quella località. Nella relazione non v'è in proposito che un cenno sulla sua larghezza, e sul piano della soglia e della cresta della paratoia, senza un tipo o una anche sommaria descrizione che ne indichi il sistema di costruzione. Ora chi si ponga ad ideare le difficoltà pratiche che incontrar si devono nella esecuzione di un simile edificio da costruirsi ad una media profondità, di m. 0,85 sotto il pelo di aqua magra, all'altezza ed alla difesa delle fondazioni da spingersi a tale profondità da non essere nelle piene sottominate dalle filtrazioni prodotte dalla grave pressione delle aque superiori, massime con riguardo alla natura del fondo nella indicata località permeabilissimo a causa della grossezza dei ciottoloni che lo compongono; al bisogno di assicurare le teste dell'opera alle sponde di natura assai sciolte e scorrevoli, con lavori corrispondenti alla sua importanza; alle spese di sistemazione del tronco superiore del fiume e del successivo; alla necessità di costruire un ponte anche solo per pedoni traversante l'alveo per la manovra delle paratoie ad una altezza superiore alle massime piene; al grave impegno sì di costo che di manovra delle paratoie stesse, sia che si eseguiscano col sistema comune movibile verticalmente entro incastri (nel qual caso devono potersi elevare al di sopra delle massime piene del fiume per non recare rigurgito al loro passaggio) sia che si eseguiscano col sistema automobile e quindi sommergibili: e finalmente, per tacere di altri minori riflessi, alla necessità di separare l'alveo del canale da quello del fiume con un muro avente un franco di circa un metro sopra le massime piene di una conveniente robustezza e di tal profondità e natura da impedire il trapelamento delle aque nel canale per di sotto le fondazioni, si persuaderà che questo lavoro gigantesco, la cui rottura in tempo di piena potrebbe portare nella vallata inferiore disastri incalcolabili, sarà per aumentare notevolmente anche la spesa presunta dalla Commissione per questa seconda derivazione.

L'ostacolo principale però o, dirò meglio, pregiudiziale che si oppone al Progetto della lodevole Commissione si è quello della radicale alterazione al reggime naturale degli emissarii dei due laghi in conseguenza della costruzione delle due dighe regolatrici. Essa ammette la probabilità di un aumento di piena in causa della manovra delle paratoie applicate a tali dighe onde non alterare l'altezza attuale del pelo dei laghi, per la Tresa di $m.^3$ 77 che come dimostro in nota (1) si può in alcuni casi elevare oltre $m.^3$ 140, e per il Ticino in $m.^3$ 379.

Per tacere del pericolo onde tali aumenti anche eventuali delle piene potrebbero portare ai molti opificii sulla Tresa, alcuni dei

(1) I $m.^3$ 77 al 1″ calcolati dalla Comm. risguardano il solo aumento probabile delle piene della Tresa; volendo raggiungere, con opportuno giuoco di scaricatori all'emissario, la condizione posta alla concessione del Consiglio di Stato del Cantone Ticino, di abbassare le massime piene del lago di m. 0,45. Risguardano, cioè, quella massa d'acqua che dovrebbe scaricarsi per il fiume, oltre quella che a cose normali si scarica presentemente senza riguardo a quella falda che in causa della chiusa e per beneficio della progettata derivazione potrebbe trovarvisi immagazzinata, al sorvenire della piena, la quale falda dovrebbe contemporaneamente essere vuotata dal bacino per raggiungere la condizione della concessione suddetta. Potendo ora tale falda elevarsi, come si ammette dalla Commissione e dal Consiglio di Stato, sino a m. 0,85 sullo zero; così nella ipotesi estrema che il pelo del lago nelle condizioni attuali si dovesse trovare a zero al sopraggiungere della piena, mentre si trovasse a m. 0,85 dopo posta la paratoja ed attivata la derivazione del nuovo canale; dovrebbesi provvedere al contemporaneo scarico della massa d'acqua esistente nel bacino, oltre quella che sarebbesi trovata prima della posizione delle paratoje regolatrici; ossia di un volume eguale alla superficie del lago che è di 48 chilom. q. moltiplicati per l'altezza di m. 0,85, ossia di un volume di $m.^3$ 41,000,000 circa; volume, che pure scaricato nel periodo di tre giorni, che tale si suppone il periodo di escrescenza delle piene del lago, dà un aumento di deflusso nella Tresa di $m.^3$ 158 al 1″. Aggiunta questa massa ai $m.^3$ 77 di aumento di piene del fiume dovuto, come sopra si accennò, all'abbassamento obbligatorio del pelo di piena del lago, si avrà in tale estrema, ma pur possibile circostanza, un deflusso di piena del fiume di $m.^3$ 253, oltre quello che gli spetta attualmente. Ed ammesso pure che tale ipotesi estrema non si abbia a verificare, e che la piena trovi il lago colla differenza di soli m. 0,60 in più di quello che lo avrebbe trovato nelle condizioni presenti, e che il periodo di escrescenza si prolunghi a cinque giorni, caso che non esce dalle probabilità presumibili in via ordinaria, si avrà sempre coi calcoli sovra esposti un aumento di piena nella Tresa di $m.^3$ 77 + 67, ossia di $m.^3$ 144, che aggiunto allo scarico normale della piena valutato dalla Commissione in $m.^3$ 230, danno $m.^3$ 347, deflusso sproporzionato al letto attuale del fiume, massime nella tratta inferiore a piccola pendenza presso il suo sbocco nel Lago Maggiore a monte di Germignaga.

quali sono eretti appunto sul ristretto margine dell'alveo, è possibile che si abbiano ad aquietare i diversi frontisti dei due fiumi i quali vedrebbero aumentato, per confessione stessa degli autori del progetto, il pericolo di allagamenti e di corrosioni, e che non abbiano a muoversi ad una voce ad invocarne dal Governo la inibizione? E ciò per le stesse ragioni e pei titoli stessi per cui si moverebbero i frontisti dei due laghi in caso di alterazione del pelo delle piene e delle magre naturali, e che dettarono le prescrizioni del Governo del Cantone Ticino per la concessione dell' estrazione del progettato canale, prescrizioni che portano l'obbligo di abbassare di m. 0,45 l'altezza della piena, e di rialzare di m. 0, 25 le massime magre del Lago di Lugano (1).

Le espressioni colle quali la Commissione cerca di giustificare la sua proposta, «che non potrebbe, cioè, ammettere *a priori* che « si debba riporre maggiore fiducia negli ordinamenti naturali « del caso anzichè in quelli prodotti dal sapere e dalla espe- « rienza degli uomini, » e che quindi non si debba esitare a por mano ad alterarli per perfezionarli, non quadrano all'argomento: dacchè non è la fiducia negli ordinamenti della natura che aquèta gli uomini e fa loro tollerare i danni e moderare i desiderii di miglioramenti, ma è la suprema legge della necessità. Guai se i danni di una piena potessero essere incolpati alle opere dell'uomo, tanto più se scientemente eseguite. I danneggiati non si ristarebbero, ed a ragione, di pretendere un indennizzo dagli autori, e di invocare la demolizione delle opere che ne diedero causa, allo scopo che non si rinnovassero i provati disastri (2).

---

(1) Ecco il riassunto del Decreto 15 marzo 1865 n. 10036 del Consiglio di Stato del Cantone Ticino, nel quale si acconsente dalle Autorità Svizzere la sistemazione a serbatojo artificiale del Lago di Lugano a condizione:

1.° Che il pelo di piena non abbia a riescire elevato più di m. 2, sullo zero dell'idrometro di Ponte Tresa (attualmente raggiunge i m. 2,45).

2.° Che il pelo ordinario non sia mantenuto a più di m. 0,85 sullo zero.

3.° e che il pelo di magra non abbia giammai a discendere al di sotto di m. 0,25 sopra lo zero di detto idrometro.

V. Relazione della Commissione, p. 26.

(2) Anche l'ing. Pirovano, altro dei membri della Commissione, colpito dall' importanza delle conseguenze pel corso inferiore del Ticino e del Po derivabili dalla proposta chiusa all' emissario del Lago Maggiore, ha declinato il suo voto alla chiusa stessa (V. Relazione della Commissione nota alla pag. 146), e venne così con un tratto di penna a demolire per sua parte tutto l'edificio con tanta cura fabbricato da' suoi colleghi.

La conseguenza delle osservazioni fin qui abbozzate è per sè evidente, e prova senza bisogno di scendere a minori particolarità l'asserzione avanzata fin dal principio di questo mio scritto, essere, cioè, ineseguibile il progetto della Commissione tanto sotto l'aspetto tecnico e finanziario quanto sotto l'aspetto economico ed agricolo. Or mi dirà il lettore: dobbiamo dunque conchiudere alla impossibilità di allargare l'irrigazione dell'alto milanese ampliandone il dominio nelle parti superiori agli attuali canali navigabili, e abbandonare affatto come insolubile questo problema che fu un sogno dorato di molte generazioni, e che forma la speranza di molti agricoltori che non vedono che nella irrigazione l'unica risorsa ai loro sudori frustrati per tanto tempo dalla crittogama delle viti, dall' atrofia dei bachi, e dalle imposte ognora soverchianti?

Per me non lo credo. La stessa relazione che ora stiamo esaminando ce ne presta gli elementi, i quali, quando siano coordinati ad alcuni elementari benchè modesti principii di pratica realtà, possono tuttavia in più ristretti limiti bensì, ma nei limiti del possibile procurare uno scioglimento del quesito. Per raggiungere il desiderato scopo bisogna quindi: 1.° Evitare accuratamente nel Progetto ogni proposta che possa destare timori e contrasti per veri o supposti danni, e quindi lasciare inalterati possibilmente i reggimi attuali dei laghi e dei fiumi loro emissarii. 2.° Ridurre l'importanza del piano sia per riguardo alle spese che per riguardo alla quantità d'aqua al puro necessario. Ora vedrò di dimostrare come si possa risolvere il problema sotto questi aspetti, proponendo un nuovo piano corretto in relazione alle nuove circostanze di fatto ed ai nuovi lumi aggiunti all' argomento dalla lodevole Commissione.

La Commissione presenta il seguente quadro delle attuali erogazioni del Ticino

Canali derivatori	Competenze	
	di diritto presunto o nominali	effettivamente in corso
	metri cubi	*metri cubi*
Roggia di Oleggio	5. —	5. —
Naviglio Langosco	10. 60	26. —
Naviglio Sforzesco	6. —	14. —
Roggia Molinara od Arconati	0. 35	1. —
» di Vigevano	4. —	4. —
» Magna	0. 75	1. 20
» Castellana	3. —	8. —
Naviglio grande	51. 40	60. —
Totale	81. 10	119. 20

Ammetto colla Commissione che si debba nelle nuove proposte tener conto delle erogazioni effettive anzichè di quelle di diritto o nominali, non avendo senso il cercare con gravi dispendi di estendere altrove il beneficio delle irrigazioni, quando per ciò conseguire ne risultasse diminuzione agli attuali utenti, salvo allo Stato il farsi indennizzare per le abusive estrazioni nei termini di legge, ove fosse il caso.

Ritengo però esagerate le pretese competenze in corso del Naviglio Langosco e della Roggia Castellana, comecchè sproporzionate alla sezione del loro canale, e le credo riducibili nei limiti della verità, assegnando al primo $m.^3$ 22, cioè, circa once cinquecento cinquanta milanesi, ed alla seconda $m.^3$ 6. (once centocinquanta); come ritengo si debba tenere conto nel valutare la portata del Ticino per alimentare dette erogazioni non della sola quantità d'aqua uscente direttamente dal lago a Sesto Calende, a cui si basarono tutte le misure e tutti i calcoli preventivi, ma eziandio delle copiose sorgenti che si manifestano nel suo alveo

lungo il suo corso, sorgenti che si fanno più vive e più forti durante le magre per il minore ostacolo portato al loro scaturire dall'altezza dell'aqua nel fiume, e che possono senza esagerazione valutarsi a favore delle estrazioni inferiori ad una buona dozzina di metri cubi (1). Infatti è notorio che nei casi di scarsità d'aqua nel fiume, il Naviglio grande prolunga con argini di ghiaia che talvolta copre di tele il suo pennello partitore a traverso il letto del fiume chiudendo la così detta Bocca di Pavia in modo da tirar nel canale tutta l'aqua dello stesso in quel sito; eppure le estrazioni inferiori non restano mai prive affatto di alimento per le sorgive abbondanti che scaturiscono nell'ampio e ghiaioso suo letto. Notiamo inoltre che la Roggia di Oleggio rimanda i suoi residui, che si possono valutare almeno di due metri cubi, in Ticino.

Detratte quindi le suddette quantità dalla somma delle erogazioni effettive di m.^{3} 119,20, cioè m.^{3} 6 per esagerate calcolazioni delle competenze di fatto dalle roggie Langosco e Castellana, m.^{3} 12 per prodotto delle sorgenti lungo l' alveo del fiume e m.^{3} 2 per residuo di scoli della roggia di Oleggio, resta l'effettivo onere attuale del Ticino in m.^{3} 99,20, ossia per abbondare in m.^{3} 100.

La portata del Ticino a Sesto Calende nella stagione estiva, cioè, dal 15 aprile al 15 settembre, si ritenne in via normale dalla Commissione in m.^{3} 202 al 1″, tranne tre volte in 17 anni di osservazioni dalla metà di aprile alla seconda decade di maggio, cioè, nel 1852 in cui oscillò tra i m.^{3} 112 ed i m.^{3} 147, nel 1854 in cui si tenne fino alla fine della prima settimana di maggio tra i m.^{3} 81 ed i m.^{3} 122, e nel 1864 in cui si ebbe una media nello stesso periodo di m.^{3} 171, e tranne pochi giorni dalla metà di agosto a quella di settembre per cinque anni, cioè, nel 1849, 1854, 1859, 1861 e 1864, nei quali la portata si tenne al disotto di m.^{3} 200 e discese per pochi giorni a m.^{3} 130.

Escludiamo i periodi di magra primaverile del 1852 e 1854, come casi affatto eccezionali, giacchè sarebbe un vero controsenso il rinunciare al grande beneficio di un canale irrigatorio solo perchè poche settimane sopra 17 anni il fiume si tenne a tale magrezza da sopperire appena alle sue erogazioni obbligatorie. Avre-

(1) Evidentemente tutte le acque scendenti dai colli tra il lago Maggiore, il Ticino e l'Olona e che si sperdono fra le ghiaie al loro raggiungere l'altipiano, scolano per sotterranee vie nell' alveo del Ticino assai depresso.

mo sempre una minima quantità d' aqua a nostra disposizione anche nei casi meno fortunati di m.³ 130 al 1″.

Ora se da detti m.³ 130 sottraggiamo i m.³ 100 a cui, come vidimo, si possono ridurre le competenze sul Ticino, potremo calcolare senza esitanza nel periodo estivo una quantità d'aqua disponibile di m.³ 30, quantità che in alcuni periodi, massime di luglio ed agosto in cui bisognano irrigazioni saltuarie del grano turco si potrà aumentare fino a m.³ 45.

La Commissione calcola la superficie della zona tra il canale da estrarsi dal lagó Maggiore, l'Adda, il Ticino, ed i navigli Grande e della Martesana di ettari 60,000 di cui, avuto riguardo alle terre attualmente in qualche modo irrigate dalle aque del Lambro, dell'Olona, e dai fontanili che valuta a 6000 ettari entro quella zona, ne rimangono ettari 54,000. Di questi essa suppone possano irrigarsi ettari 26,000 d'estate ed ettari 1,300 d'inverno. Suppone quindi che quasi una metà del terreno cadente in detta zona debba o possa essere soggetto ad irrigazione. Io ritengo tale proporzione esagerata, e la ritengo tanto più in quanto che, dovendo escludersi per gran parte di questa regione la coltivazione a riso a motivo della frequenza dei suoi abitati, e non convenendo rinunciare al prodotto delle viti e dei gelsi che ne forma ora il principale cespite di rendita, l'irrigazione in questa zona (se ne togliamo la parte compresa tra la strada di Magenta ed il Naviglio Grande già predisposta col sistema di coltivazione della bassa pianura) dovrà limitarsi alla formazione della praterie necessarie per alimentare il bestiame da lavoro e da concimazione, ed all' inaffiamento saltuario nelle stagioni asciutte dei campi a grano ed a melgone. Crederei quindi di abbondare nella misura collo istituire il calcolo seguente per determinare la superficie da irrigarsi entro gli indicati limiti, ed in seguito la quantità d'aqua necessaria per tale irrigazione.

Area compresa tra il nuovo canale, l'Adda, i navigli della Martasana e Grande, ed il Ticino, giusta i computi della Commissione		ettari 60,000
Si deduce per la parte già irrigata colle aque dell'Olona, del Seveso e dei fontanili	ettari 6,000	
Più per la parte non irrigabile per coltivazione asciutta, o per altezza di livello, od occupata da caseggiati, strade, ecc., circa ²⁄₃ del residue cioè	» 36,000	
Ossia		» 42,000
Restano di terreni da irrigarsi entro la zona		» 18,000

per i quali nella ragione di m.^{3} 0,97 al 1" per ogni mille ettari, come venne precalcolato dalla Commissione stessa, compreso il disperdimento inevitabile dovuto alla evaporizzazione, alle effiltrazioni del letto e delle sponde del cavo, ed alle dispersioni accidentali, viene a manifestarsi il bisogno di un volume d'aqua pari a m.^{3} $18 \times 0,97 =$ m.^{3} 17,46 ossia a numeri tondi m.^{3} 17.50.

Si aggiungano a questi altri m.^{3} 5,50 per aumento e completazione d'irrigazione della zona giacente fra i navigli attuali ed il Po, e specialmente per quella parte che più ne difetta, vale a dire la parte orientale tra il Lambro, l'Adda, e la Muzza: m.^{3} 2 per fornire di aque per uso domestico ed industriale Monza, Milano e le grosse borgate lungo la linea percorsa dal canale, e finalmente m.^{3} 5 per alimentare una via navigabile tra il nuovo canale ed il Naviglio Grande allo scopo di facilitare la navigazione ascendente, e di rendere attuabile anche la discendente in ogni stagione dell'anno quand'anche il Ticino scarseggi d'aqua, e di ridurre così la nostra derivazione indipendente dalle considerazioni della navigazione.

A questo modo sarebbe esaurita la competenza estiva da noi assegnata al nuovo canale di m.^{3} 30, abbandonando affatto le appendici proposte dalla Commissione per la irrigazione dei terreni oltre l'Adda, il Brembo ed il Serio a beneficio delle provincie di Bergamo e di Cremona: ardita e generosa proposta invero, ma che per la oramai riconosciuta scarsezza d'aqua disponibile dal Ticino, senza andare incontro ad ostacoli che noi dimostrammo insormontabili, deve assolutamente omettersi nell' interesse della cosa e della provincia di Milano per non correr rischio di stringer nulla pel desiderio di stringer troppo.

Quanto alla stagione iemale, l'estrazione d'aqua dal nuovo canale dovrà limitarsi al puro necessario per alimentare e render costante il corso delle barche tra il Lago Maggiore ed il Naviglio grande, vale a dire a m.^{3} 5 al 1" salvo a limitare d'altrettanto la erogazione del Naviglio grande medesimo alla sua origine a Ca della Camera sotto Tornavento, onde non alterare o pregiudicare i diritti degli utenti inferiori delle aque del Ticino.

Determinata così la quantità d'aqua disponibile del Lago Maggiore senza alterare il reggime naturale del Lago e del Ticino, in m.^{3} 30 al 1" nella stagione estiva, aumentabile sino a m.^{3} 45 dalla fine di Giugno alla metà d'Agosto quando, come indicano le statistiche osservazioni, lo stato del Lago lo permette, ed in m.^{3} 5 nella stagione iemale, scendiamo ora ad esaminare come

dovrebbe essere provveduto alla presa d' aqua, quale dovrebbe essere l'andamento, quali le pendenze, quali le dimensioni del canale principale nelle diverse sue tratte, e del canale navigabile di congiunzione tra questo ed il Naviglio grande, finalmente quale potrà valutarsi il costo approssimativo dell'opera, e quale il ricavo annuale che si potrà presumere dalla stessa.

Come nel progetto Tatti-Bossi, la presa d'acqua dovrebbe effettuarsi poco inferiormente di Sesto-Calende (circa due chilometri e mezzo) laddove il Ticino con piccolissima pendenza comincia ad assumere carattere fluviale, conservando tuttavia anche nelle piene la limpidezza delle sue acque prima di ricevere alcun importante influente che vi apporti delle torbide pregiudizievoli, poco a monte dalla rapida Miorina che vi forma una specie di barraggio, inferiormente a cui il fiume precipita a salti colla pendenza media di m. 1. 60 per mille. L'acqua vi sarebbe invitata mediante escavo del fondo a m. 2.00 sotto la massima magra, ossia sotto il pelo d'acqua corrispondente allo zero dell'idrometro di Sesto-Calende lungo la sponda destra del fiume e mediante la costruzione di una diga di separazione longitudinale sommergibile, la cui testa riesca superiore di soli m. 0. 50 dalla massima magra e che si interni di pochi metri nell' alveo a guisa di partitore in modo da non recare all' attual reggime del fiume e del lago la minima perturbazione. Seguirebbe quindi le molte tortuosità della sponda fin sotto l' altura di Coarezza dove un piccolo largo di spiaggia permette un lieve allargamento per collocarvi un sistema di porte angolari, una prima serie di scaricatori di fianco, ed un sostegno o conca per collegare la navigazione del fiume con quella del canale. Ivi la cresta della diga per il guadagno della sua pendenza su quella del letto del fiume non potrebbe essere raggiunta dalle massime sue piene. La strada di attiraglio che sarebbe ricavata sotto la costa alla sinistra del canale passerebbe alla destra sulla continuazione della diga da indi innanzi insommergibile. Approfittando poi del piano che trovasi al sito detto Porto della Torre, a meno di sette chilometri dall' origine si ricaverebbe una piccola darsena per le barche con un secondo sistema di porte a scaricatori onde regolare la competenza del canale.

Venendo la diga o partitore, come si disse, ad internarsi di pochi metri alla sua origine nel letto del fiume, e non isporgendo colla sua cresta che un solo mezzo metro sopra la massima magra, non potrebbe portare impedimento allo sfogo delle piene del lago, le quali allargandosi anche all'area procurata al

canale mediante generosi tagli nella sponda, verrebbero ad avvantaggiare in facilità di deflusso ed a togliere quindi ogni pericolo di rigurgito e di dannoso rialzo nel bacino del lago oltre a quello che nelle presenti condizioni di cose potrebbe verificarsi. Per la accennata diversità di pendenza tra il canale ed il fiume, le aque entrando nel canale stesso quando trovansi superiori di m. 0. 50 allo zero dell'idrometro di Sesto-Calende (e lo saranno per lunga parte dell'anno), si scaricherebbero per una tratta più o meno lunga, a norma delle loro altezze di nuovo nel fiume, servendo la diga come di grande sfioratore; di modo che giungerebbero alle prime porte sotto Coarezza ad una altezza massima di circa m. 0.50 oltre la normale, altezza che potrebbe essere moderata mediante la manovra della prima serie di scaricatori, e regolata poi colla seconda serie a Porto della Torre affinchè nel canale non iscorra che la prestabilita competenza.

La scelta della ubicazione per la presa d'acqua è anche indicata dalle circostanze che ivi il fiume ha carattere stabile e pressochè lacuale, corre limpido prima di ricevere alcun influente che lo intorbidi, e piega verso l'incile la sua concavità gettandovi naturalmente la massa principale delle sue acque senza disturbo di depositi. Però a chiamarle più facilmente, la diga si svolgerebbe ad imbuto allargando il canale all'imbocco fino a m. 50 che verrebbe restringendosi fino a raggiungere la sua larghezza normale dopo circa 200 metri.

Non scenderò quì a dire della struttura della diga, del sistema proposto per rendere il fondo del canale possibilmente impermeabile, del modo di rivestimento della scarpa verso la riva a sinistra, nè della maniera di impedire i depositi nel letto del canale dei piccoli rivi di scolo del superiore altipiano che si scavarono un letto franoso entro la costiera. Rimetto il lettore che voglia averne piena conoscenza alla Relazione che accompagna il progetto Tatti-Bossi (*Politecnico* vol. XXII). Ho creduto però di estendermi nel descrivere il metodo di presa comechè quello che forma la chiave del progetto.

La Commissione ha fatto a questo sistema tre obbiezioni. La prima che non provvede alla stabilità della erogazione in tempo di magra del fiume per la mancanza di opere stabili attraverso la residua sezione del Ticino. Ma la chiamata principale del fiume deve indubitatamente essere portata verso il canale sia dalla profondità della soglia al suo incile di m. 2.00 sotto la magra, sia dal trovarsi nella concavità di uno svolto sensibile di sponda,

sia per il nessun pericolo di depositi in causa della limpidezza delle acque del Lago. Non è difficile poi il vedere come si possa facilmente e con poca spesa ajutare la natura nei periodi di magra mediante un prolungamento provvisorio della diga con un argine di ghiaje e ciottoli, come si pratica annualmente alla presa d'aqua del naviglio grande a Cà della Camera, argine che verrebbe asportato senza alcun dispendio e senza danno all'alzarsi del pelo d' aqua quando non se ne ha più bisogno.

Una seconda obbiezione nasce da ciò che, venendo con questa derivazione a diminuirsi la quantità d'aqua nel Ticino, viene a limitarsi il periodo della sua navigazione. Mi giova però qui osservare che colla proposta costruzione della tratta di comunicazione navigabile del nuovo canale col Naviglio grande, di cui diremo in seguito, l'obbiezione sparisce affatto, venendo anzi la navigazione grandemente ajutata e resa praticabile in qualunque stagione dell' anno, e supplendo largamente al maggiore dispendio nella discesa per alcune settimane in cui attualmente si percorre l' alveo del fiume, la possibilità di navigare dal Lago Maggiore a Milano e viceversa in qualunque epoca dell'anno.

La terza obbiezione verte sui pericoli e sulle incomodità gravissime che la Commissione crede di vedere nella percorrenza colle navi del primo tratto nel quale la diga di presa serve eziandio di partitore, ed è sommergibile quando il fiume si alzi oltre i m. 0.50 sopra la linea di magra, ad onta che il canale sia separato dal fiume da una robusta barriera di legno. A dir vero non so scorgere nè pericoli nè gravissima incomodità in questo sistema quando la barriera sia ben solida come fu progettata, e quando le navi sieno timoneggiate da abili piloti come sono i nostri *padroni* di barche. Il pericolo e l' incomodo, massime nell'ascesa, deve essere ben maggiore attualmente in cui la navigazione facendosi nell' alveo del fiume deve superare la violenza della corrente delle rapide col rischio, spesse volte tradottosi in realtà, di battere col fondo delle barche sulle punte dei grossi ciottoloni sporgenti dal letto del fiume ad acque basse e dello sfasciarsi od andare a picco delle barche stesse.

Eliminato così all'animo imparziale degli uomini pratici, fra i quali metto in prima linea gli egregi membri della Commissione, le obbiezioni elevate sul mio sistema di presa del canale, seguiterò descrivendone a larghe linee l' andamento. Esso dovrebbe seguire la costa del Ticino sino a Tornavento sostenendosi in incavo sulla stessa nella direzione da nord a sud. A Tornavento, raggiunto l'altipiano, volgerebbe verso levante passando la ferrovia

e l'Olona tra Parabiago e Canegrate; taglierebbe le Groane il più alto possibile, e girate le piccole ondulazioni di terreno sotto Limbiate e Montebello, passerebbe sotto Bovisio e Desio, traverserebbe il Parco di Monza ed il Lambro e dirigerebbesi verso Trezzo solcando i greti di Ornago e Basiano suscettibili per la natura del loro fondo di abbondanti prodotti colla irrigazione. Colà giunto, il canale piegherebbe verso mezzodì e verserebbe i suoi residui nel Naviglio della Martesana poco sopra Inzago.

Il canale si manterrebbe navigabile fino a Castano, e precisamente fino all' incontro della strada comunale di Venzaghello. La necessità di diminuirne la pendenza, saviamente suggerita dalla Commissione, per ampliare la sfera d'efficienza delle sue acque rendendo impossibile la traversata della ferrovia Milano-Gallarate con un ponte di sufficiente altezza per far luogo al passaggio delle barche cariche, non permette la continuazione della navigazione fino a Monza come era ideato nel progetto Tatti-Bossi, e ciò tanto più in quanto che in forza di questa diminuita pendenza la traccia verrebbe di troppo allontanata da quella città verso Desio in modo da renderla di poco o nessun utile al suo commercio.

A quella vece dovrebbe rendersi navigabile il ramo da derivarsi a Castano, ramo che costeggiando il grosso borgo di Cuggiono, dovrebbe far capo al Naviglio grande tra Bernate e Boffalora, approfittando di una vallata od insenatura naturale ivi esistente. Ho preferito questa linea di congiunzione a quella suggerita da Lombardini ed appoggiata dalla Commissione, che staccandosi da Castano termina a Castelletto di Abbiategrasso, per riguardo: 1.° del maggiore suo costo dipendente dalla sua lunghezza pressochè doppia; 2.° della difficoltà di attraversare convenientemente la ferrovia Milano-Novara presso Magenta dove non si potrebbe trovare l' altezza tra il fondo del canale e le ruotaje necessaria pel servizio della navigazione, se non mediante profondissima, lunga e costosa trincea. Alla irrigazione dei territorj di Magenta, Corbetta ecc. potrebbe supplire un piccolo ramo da derivarsi sotto Cuggiono dal canale navigabile.

La differenza di livello tra il fondo del canale a Castano che sta a circa m. 184. 70 sul mare, ed il fondo del naviglio a Boffalora che è a m. 141, 80 risulta di m. 43. 10. Sulla lunghezza del Canale di chilometri 11 colla pendenza media, come diremo in seguito, di m. 0. 135 per mille vengono a consumarsi circa m. 1. 50 e ne restano m. 42. 60 per vincere i quali occorrono circa sedici sostegni del salto medio di m. 2. 60.

La pendenza delle varie sezioni del canale principale dovrebbe

regolarsi tra i m. 0.40 ed i m. 0.18 nei primi 26.30 chilometri fino all' incontro della diramazione di Castano per facilitare in esso la chiamata delle aque del Ticino, indi dovrebbe proseguire con una pendenza uniforme del 18 per mille fin al suo termine. Quella poi della diramazione navigabile da Castano a Boffalora dai m. 0.15 fin sotto Cuggiono dove si tirerebbe un cavo irrigatore per Magenta, scenderebbe ai m. 0.10 nelle ultime tratte per conservarle il tirante d'aqua necessario alla navigazione.

Lo sviluppo del canale principale riescirebbe prossimamente come segue:

Tratto 1.° Dalla presa allo stacco della diramazione di Castano	chil.	26.30
Tratto 2.° Da Castano all' incontro dell'Olona. . .	»	14.50
Tratto 3.° Dall' Olona al Lambro	»	27.00
Tratto 4.° Dal Lambro verso Trezzo, e ripiegatura sino alla foce nel naviglio della Martesana. . .	»	25.20
Totale chilometri		93.00
Lo sviluppo del canale navigabile da Castano al Naviglio grande superiormente a Boffalora sarebbe di.	chil.	11.00
Finalmente lo sviluppo del cavo diramatore da Cuggiono a Magenta e Corbetta	»	7.00
E così si avrebbe una rete complessiva di chil.		111.00

Le portate poi dei diversi tronchi mediante la distribuzione dell' aqua nel suo percorso sarebbero le seguenti:

Quantità d'aqua alla presa		M.³	30.00
Si deducano per la diramazione navigabile di Castano		»	5.00
residuano pel tronco successivo da Castano all'Olona		M.³	25.00
Presumibile consumo per irrigazione tra Castano e l' Olona	M.³ 5,00		
Dotazione per aumento d'aqua all'Olona. . . .	» 2,00		
Sommano			7.00
Restano pel tronco dall' Olona al Lambro		M.³	18.00
Presumibile consumo per irrigazione dell'Olona al Lambro	M.³ 5,00		
Vendita d'aqua per usi domestici a Monza e Milano	» 2,00		
Sommano			7.00
		M.³	11.00

Restano pel tronco dal Lambro a Trezzo ed Inzago	M.^{3}	11.00
Presumibile consumo in quest'ultimo tronco . . .	»	5.50
Residuano ad aumento del naviglio della Martesana da distribuirsi inferiormente per l' irrigazione della zona tra il Naviglio stesso e la Muzza . .	M.^{3}	5.50

La maggior dotazione al Naviglio grande e per conseguenza al suo prolungamento verso Pavia si avrà dalla diramazione di Castano, da cui si verseranno nello stesso almeno m.^{3} 3.50 (per destinarsene m. 1.50 alla sotto-diramazione di Magenta). Ambi poi questi canali saranno naturalmente arricchiti dagli scoli della zona superiore bagnata dal canale principale (1).

La larghezza del canale al fondo per la tratta navigabile dovrà essere di m. 12 vale a dire m. 1.00 maggiore del canale di Pavia. Data questa larghezza la portata di m.^{3} 5 e la pendenza di m. 0.15 per $^0/_{00}$ nel primo tratto fino a Cuggiono, si avrà un' altezza d'aqua di m. 1.70, e di m. 2.25 nel secondo tratto da Cuggiono a Boffalora colla portata di m.^{3} 3.50, e la pendenza di m. 0.10, altezze sufficienti per una comoda navigazione. Per la tratta navigabile da Sesto-Calende a Castano nella quale, pur tenendo la stessa larghezza di fondo al canale, la pendenza varia, come si disse, dai m. 0.40 ai m. 0.18 per $^0/_{00}$, verrà procurato nella stagione jemale l'occorrente tirante d' aqua col mezzo di alcune serie di doppie porte da disporsi lungo il canale e da tenersi aperte nella stagione estiva.

La maggior portata di m.^{3} 15 al 1″ assegnata, come si disse, al canale dalla fine di Giugno alla metà di Agosto sarà distribuita proporzionalmente ai diversi suoi tronchi, e ferma la larghezza del fondo di m. 12 nel primo tronco e proporzionalmente nei successivi, la altezza del cavo sarà regolata in base alla massima portata con un fianco minimo di m. 0.30.

L' importo del canale così ridotto si calcola come segue sulle basi del progetto Tatti-Bossi, ritenute attendibili dalla stessa Commissione.

(1) Le circostanze qui accennate della immissione dell'aqua del nuovo canale nell'Olona e nei navigli demaniali a Boffalora e ad Inzago, e la possibilità di poterne somministrare ai navigli stessi col mezzo del Seveso e del Lambro, mostrano la convenienza di riunire in una sola amministrazione tutti questi canali irrigatori. Si conseguirà da ciò lo scopo di evitare contestazioni di diritti, di profittar meglio delle colature, e di utilizzare, ove occorra, le aque col mezzo di surroghe o sostituzioni.

I. Canale principale.

Tronco I. Parte 1.ª Dalla presa d'aqua ai primi scaricatori sotto Coarezza. . . .	chil. 3.30	a L. 1.100.000	L. 3.630.000
Parte 2.ª Dai primi ai secondi scaricatori a Porto della Torre	» 3.30	» 500.000	» 1.650.000
Parte 3.ª Da Porto della Torre a Tornavento.	» 10.40	» 350.000	» 3.640.000
Parte 4.ª Da Tornavento alla derivazione di Castano	» 9.30	» 95.000	» 883.500
Somma pel Tronco 1.°	chil. 26.30	»	L. 9.803.500
Tronco 2.° Da Castano all' Olona	» 14.50	» 90.000	L. 1.305.000
Tronco 3.° Dall' Olona al Lambro	» 27.00	» 80.000	» 2.160.000
Tronco 4.° Dal Lambro a Trezzo ed Inzago	» 25.20	» 70.000	» 1.764.000
Totale pel canale principale			L. 15.032.500

II. Ramo navigabile da Castano a Boffalora.

a) Costruz. del can.e	chil. 11.	a L. 70.000	L. 770.000
b) Sostegni o conche [1]	16.	» 60.000	» 960.000
c) Laghetto allo sbocco			» 100.000
Formano pel ramo navigabile. . . .			L. 1.830.000

(1) Si nota che detti sostegni, meno forse l'ultimo, possono costruirsi in asciutto.

III. Ramo diramatore da Cuggiono a Magenta e Corbetta.

Chilometri 7 a Lire 15.000. . . . . L. 105.000

Importo complessivo della spesa di costruzione. » 16.967.500

Ossia in numeri tondi. . . . . » 17.000.000

NB. Non si tien conto delle economie che potrebbonsi ottenere pei probabili ribassi d'asta per supplire con esse alle eventualità di spese imprevedute.

Potendo il lavoro essere eseguito nel periodo di anni quattro si aggiunge a detta cifra l'interesse per anni due al 6 per 100 . . . . » 2.000.000

Più le spese di amministrazione e direzione tecnica durante la costruzione per altre (circa il 5 per 100). . . . . » 1.000.000

E così la spesa finale effettiva, compresi i detti elementi di interessi perduti e di amministrazione e direzione dei lavori che non appaiono considerati dalla Commissione nei calcoli di costo del suo progetto, ammonta a . . . . » 20.000.000

somma abbastanza moderata, e cui, a condizioni economiche normali del paese, non sarebbe fuor di luogo la speranza di poter raccogliere.

La rendita annua presumibile poi, appoggiati alle basi stesse, si può dedurre coi seguenti criterj.

a) Irrigazione normale estiva di ettari 29.000 nella ragione di m. 0.97 per ogni mille ettari ammessi dalla Commiss., a L. 50 (o L. 3. 33 per pertica) L. 1.450.000

b) Simile straordinaria dalla fine di Giugno alla metà di Agosto per l'aumento d'aqua prestabilito in quell' epoca di m.^{3} 15 distribuibile sopra ettari 16.000 a L. 12 (o L. 0. 80 per pertica) . . . » 192.000

c) Prodotto della navigazione discendente nella ragione media di barche n. 25 al giorno e sopra giorni 300 n. 7500 a L. 20 . . . . » 150.000

d) Simile della navigazione ascendente in ragione di barche n. 35 al giorno, e sopra giorni 300

Da riportarsi L. 1.792.000

Riporto L.	1.792.000
n. 10500 a L. 40. »	420.000
e) Affitto d'aqua per usi domestici ed industriali a Milano e Monza ed ai principali borghi lungo il canale nelle quantità presunte di m.³ 2. . . . . »	200.000
f) Affitti di forza motrice lungo il ramo navigabile, e lungo la linea da Trezzo ad Inzago, si calcolano per soli 1500 cavalli, a L. 50. . . . . . . »	75.000
g) Altri prodotti minori di pesca, taglio d'erbe sugli argini. . . . . »	13.000
Totale annuo reddito lordo L.	2.500.000
Si detrae per spesa di manutenzione, espurghi, ecc. in complesso. . . L. 150.000	
Per spese di amministrazione economica e tecnica, di custodia e di percezione. . . . . » 200.000	
Per le tasse di ricchezza mobile ecc. » 150.000	
E così in tutto . . . . , ... »	500.000
Resta quindi il prodotto netto L.	2.000.000

Corrispondente al 10 per cento del capitale impiegato.

Un elemento passivo però non venne in questi calcoli, come pure in quelli della Commissione, preso in considerazione, ed è quello che la rendita suaccennata non può essere completa se non dopo che siasi verificato il collocamento di tutta l' aqua in affitto sia per irrigazione che per gli altri usi sopra specificati, il che, come facilmente si può arguire, richiederà un certo periodo di anni; quanto occorre perchè gli agricoltori e gli industriali si persuadano della convenienza di approfittare del beneficio, trovino i capitali occorrenti per le opere di riduzione o d' impianto, e mandino ad esecuzione le opere stesse. Questo periodo, che io crederei duraturo in via prudenziale per circa dieci anni, non frutterebbe alla Società che si assumesse la costruzione del canale che una sola parte aliquota del reddito preannunciato, aliquota che dapprincipio sarebbe assai tenue e che andrebbe a poco a poco aumentandosi fino a raggiungere il totale introito della previsione. Assai difficile riesce il determinare in prevenzione questo elemento, dipendendo esso da molti dati opinabili tutti, e dalla condizione generale del credito pubblico che faciliti più o meno la conversione dei capitali nelle opere di riduzione o d' impianto che sopra accennai. Crederei però di non andar lungi dal vero ammettendo i seguenti criterj come fondamentali.

1.° Che il prodotto della navigazione si verificherebbe fin dal primo anno almeno per $\frac{4}{5}$ e raggiungerebbe il suo totale entro i primi tre anni.

2.° Che quello per affitto delle aque per usi domestici ed industriali si verificherebbe per $\frac{1}{10}$ nel primo anno, e si compirebbe entro tre anni, tempo necessario per la costituzione di apposite società per costruire le opere di condotta e di diramazione, e per utilizzare della speculazione.

3.° Che il prodotto della pesca, tagli d'erbe ecc., si verificherebbe subito per intero.

4.° Che il prodotto della irrigazione si verificherebbe per un terzo nel primo anno e che il residuo verrebbe effondendosi in ragione aritmetica di un decimo per anno.

5.° Finalmente che il prodotto della forza motrice non si verificherebbe che gradatamente nei primi dieci anni.

Ammessi questi criterii, e tenuto calcolo degli interessi composti, il ritardo al completo realizzo dei presunti prodotti corrisponderebbe alla somma di altre L. 9,330,000. Volendo quindi conservare a favore della società un frutto almeno del 8 per % onde indennizzarla dei rischi delle eventuali perdite di sconti e delle spese di tasse, bolli e registri, converrà che il Governo, il Consiglio Provinciale ed i Comuni che fruiscono indirettamente del beneficio vi concorrano almeno per cinque milioni, nel periodo di anni dieci a datare dalla messa in esercizio del canale, sia a titolo di sovvenzione perduta o redimibile in un lungo periodo di anni, sia a titolo di garanzia di interessi adottando quelle forme di prestanza e di pagamento che meglio sarà trovato opportuno all'atto pratico.

Questo progetto quantunque si basi sugli elementi del progetto Tatti-Bossi, modificato sulle osservazioni ed i nuovi dati di fatto suggeriti dalla Commissione, pure da esso diversifica talmente in modo da potersi asserire un progetto nuovo, il *Settimo* dopo quello della Commissione stessa. Esso infatti a petto del Progetto Tatti-Bossi:

1.° Limita l'estrazione d'aqua a soli m.^{3} 30 nella stagione estiva da portarsi a m.^{3} 45 dalla fin di Giugno alla metà di Agosto, epoca in cui abonda l'aqua nel Ticino, e le campagne sentono maggior bisogno di adaquazione; ed a m.^{3} 5 nella stagione iemale.

2.° Arresta per conseguenza la sua sfera di efficienza tra il Ticino e l'Adda, abbandonando l'idea di spingerla nelle provincie di Bergamo e Cremona.

3.° Sostituisce al canale secondario di semplice irrigazione ivi proposto, da Castano per Magenta a Milano, un canale navigabile con 16 sostegni tra Castano e Boffalora, con una piccola diramazione per l'irrigazione dei territorii di Magenta e Corbetta.

4.° Diminuisce le pendenze generali del canale, portandone la traccia più verso monte per rendere possibile la irrigazione di una zona più estesa di terreno.

5.° Sopprime per conseguenza la navigazione progettata tra il Lago Maggiore e Monza.

6.° Finalmente abbandona il canale complementare da Galliate a Bernate per congiunzione del canale Lombardo col canale Cavour.

Certo, è mortificante e penoso il dover restringere il proprio concetto e la speranza degli agricoltori entro sì breve cerchia; spero però che gli uomini positivi e prudenti mi sapranno grado di questo mio lavoro che, riducendo il problema entro i limiti del possibile, ne potrà facilitare la esecuzione; e chiuderò ripetendo la già citata sentenza, frutto della secolare esperienza dei nostri padri, che chi vuol troppo abbracciare finisce col nulla stringere.

31 Dicembre, 1866.

Ing. Luigi Tatti.

CONSIDERAZIONI E CALCOLI

SULLA TEORIA DELLA FORMA E SPINTA

DEGLI ARCHI EQUILIBRATI.

(Continuaz. V. Fascic. del novem. pag. 441).

VI. **Carichi accidentali sui vôlti, ed applicazioni.**

34. Nei calcoli precedenti il sopracarico a è considerato permanente, cosicchè il vôlto sopporta costantemente lo stesso peso, o almeno, se vi ha qualche addizione parziale sopra una regione qualunque dell'estradosso, quest' addizione non si considera tale da produrre un effetto apprezzabile sopra la curva d'equilibrio, o delle pressioni, avuto riguardo agli attriti ed alla tenacità della materia. Tale sarebbe il peso di alcuni uomini sopra la chiave e i fianchi del ponte calcolato al N. 27. Ma facendo astrazione dagli attriti e dalla tenacità, un peso addizionale sopra un punto solo, o sopra tutta la larghezza di un vôlto, o su parte di essa, produce necessariamente una variazione nella forma del vôlto, e perciò nella curva delle pressioni. Lo stesso accade se si sottrae parte del sopracarico considerato permanente, o tutto intiero. Per conseguenza la forma d' equilibrio d' un vôlto di ponte calcolata per un dato sopracarico, per esempio, di carri, convogli, ecc., questa forma non è più conveniente, parlando a rigor di formola, allo stato del ponte libero dal sopracarico. La forma del vôlto del ponte a carico permanente, essendo diversa da quella che avrebbe col carico accidentale, è chiaro che sotto quest' aspetto, e parlando con rigore matematico, è impossibile formare un vôlto, che soddisfacendo alle condizioni di equilibrio sotto un carico permanente, conservi la stessa forma sotto un carico accidentale, quand' anche questo fosse distribuito in modo simile

al carico permanente. Il vôlto è quindi soggetto a variazione di forma al variare delle forze che lo sollecitano, siccome accade per tutti i corpi. Ma in queste deformazioni ve n' ha delle tali che ammettono le condizioni di stabilità dentro il profilo del vôlto, e perciò entro limiti determinati; oltre questi, l'equilibrio è impossibile.

Prenderò ora a considerare queste variazioni di forma della curva delle pressioni, ossia gli effetti prodotti da carichi addizionati o sottratti su tutta la larghezza dell'arco, e sopra una sua porzione, ed in seguito quelli risultanti da pesi applicati sopra punti isolati sull' estradosso.

35. Supponiamo che siasi costrutto un vôlto (fig. 14) *L'C'BCLEL'*

Figura 14.ª

con un sopracarico *K'I'IK* che deve essere permanente; esso avrà la forma adatta al suo equilibrio, e che ho calcolata nei capi precedenti. Supponiamo ora un sopracarico accidentale d'altezza *HH'*, uniformemente distribuita sulla *I'HI*; il carico totale avrà l'altezza *EH'*, la spinta orizzontale aumenterà, come dovrebbe aumentare lo spessore del vôlto, e quello della chiave per metterla nelle primitive condizioni di resistenza della materia alla pressione; il raggio di cur-

vatura alla chiave dell'intradosso sarà diverso, e la curva di pressione, che è l'intradosso stesso, tende a variare di forma, che supporremo figurata dalla curva dBc. Se il carico accidentale è rappresentato dallo strato d'altezza a'', formato di materia identica a quella del vôlto, e del carico permanente; se questo carico ha l'altezza $EH=a'$, e se si chiama A la spinta orizzontale relativa al solo carico permanente, sarà:

$$A = p\,r\,(a' + s).$$

Se dicasi A' la spinta orizzontale prodotta dal carico addizionale accidentale, si avrà:

$$A' = p\,r'\,(a' + a'' + s).$$

In queste espressioni r ed r' sono i raggi rispettivi di curvatura, alla chiave, delle due curve BC, Bc.

L'aumento della spinta fino ad A' importerebbe un aumento allo spessore s della chiave, ma siccome il vôlto è già fatto, bisogna per conseguenza riconoscere solo se lo spessore s è capace di sopportare una spinta A', e se sono pure soddisfatte le condizioni di resistenza sulle faccie dei cunei alle imposte. Se queste nol sono, bisognerà aumentare lo spessore s come vedremo in seguito.

La curva delle pressioni tendendo a divenire $BM_{,}c$, si può considerare che in ogni suo punto $M_{,}$ vi è applicato l'elemento verticale MM' del vôlto; e quindi si può anche supporre che la curva $BM_{,}c$ divenendo un nuovo intradosso, l'elemento MM' sia portato sulla stessa verticale dal punto $M_{,}$ ad M'. Se si potesse fare un nuovo vôlto corrispondente ad A', questo sarebbe $BEM_{,}'lc$, date che fossero le imposte in c e d, e siccome il vôlto è già costrutto, così questa curva attraverserà il profilo dell'arco, pel cui equilibrio, le imposte della curva delle pressioni passante pel punto B della chiave sarebbero c e d. Vediamo qual sia la nuova curva $BM_{,}c$ delle pressioni nel senso del principio sul quale si fondano i calcoli precedenti. Sia s lo spessore della chiave, e tale da resistere ad una spinta A', o anche maggiore di questa, e sia BMC la curva intradosso del vôlto relativo alla spinta A.

Siano $EP = y$ le ordinate, $PM = x$ le ascisse del primo intradosso, e siano $PM_{,} = z$ le ascisse del secondo intradosso, o meglio della seconda curva delle pressioni, e $PM_{,}' = z'$ le ascisse dell'estradosso fittizio $EM_{,}'l$; osserveremo che pel primo intradosso l'elemento del peso sopraincumbente al punto M essendo (num. 2).

$$[p(x - x') + p'x' + pa']\,dy$$

avremo

$$p(x - x') + p'x' + pa' = A\frac{d^2x}{dy^2}\,.$$

Pella curva $BM_{,}c$ sarà:

$$p(z - z') + p'z' + p(a' + a'') = A'\frac{d^2z}{dy^2}\,;$$

e siccome si ha nel problema attuale

$$z - z' = x - x',$$

così dalle precedenti due equazioni ricaveremo

$$A\frac{d^2x}{dy^2} - p'x = A'\frac{d^2z}{dy^2} - p'z - pa'' \qquad (21)$$

Il primo membro mediante l'equazione della curva d'intradosso BMC può ridursi ad un funzione di y, così l'ultima equazione (21) integrata darà la nuova curva cercata $BM_{,}c$.

36. Sia per l'esempio il vôlto ad estradosso orizzontale, avremo $p' = o$ nell'equazione (21), e l'equazione del primo intradosso sarà (N. 9), messa a' invece di a,

$$x = \frac{a' + s}{2}(e^{ny} + e^{-ny}) - a' \qquad (22)$$

da cui

$$\frac{d^2x}{dy^2}=\frac{a'+s}{2}n^2(e^{ny}+e^{-ny})$$

e l'equazione (21) diverrà la seguente

$$A'\frac{d^2z}{dy^2}=A\frac{a'+s}{2}n^2(e^{ny}+e^{-ny})+pa'',$$

ed integrando in modo che $y=o$ dia $\frac{dz}{dy}=o$, e $z=s$, otterremo:

$$z=\frac{A}{A'}(a'+s)\left(\frac{e^{ny}+e^{-ny}}{2}-1\right)+\frac{p}{A'}\frac{a''y^2}{2}+s \quad (23)$$

Il valore di z' si ottiene sottraendo lo spessore x del vôlto dato dalla formola (22) da questo valore di z, e verrà

$$z'=\left(\frac{A'}{A}-1\right)(a'+s)\left(\frac{e^{ny}+e^{-ny}}{2}-1\right)+\frac{p}{A}\frac{a''y^2}{2} \quad (24)$$

L'equazione (23) rappresenta la nuova curva delle pressioni, e se la si potesse prendere per nuovo intradosso, i valori di z' dell'equazione (24) indicherebbero di quanto il primo estradosso orizzontale si alza sopra l'orizzontale EK (fig. 14) ad ogni valore di y; ed in questo caso speciale sarebbero negativi.

Questa nuova curva delle pressioni è diversa dall'intradosso primitivo, e siccome per tenere l'arco dato nella sua posizione attuale possono servire un'infinità di curve di pressioni, così si vedrà che per determinarne una bisogna fissare prima il punto c

dove si vuole stabilire la sua imposta; se questo punto si avvicina sempre più al punto L, la spinta A' riuscirà sempre più grande. E siccome A si riferisce all' imposta primitiva C, così bisognerà supporre il punto c in C per fare un giusto paragone: ma prima di proseguire nella ricerca del valore di A' e di quello di r' credo utile premettere un riflesso sull' angolo che i cunei dell'arco già costrutto fanno con una nuova curva di pressioni.

37. L'equazione (23) darà la curva delle pressioni che passa pel punto della chiave B, e per l'imposta c in generale (fig. 14), e questa curva, da quanto sopra fu visto, può essere trasportata verticalmente e parallelamente dentro il profilo dell' arco fino ai limiti convenienti che stabilimmo di $\frac{1}{3}\,s$ sotto il punto E (N. 25), e di $\frac{1}{3}\,s$ sopra il punto B, e potremo riconoscere se essa incontrerà i cunei del vòlto in punti adatti alla fermezza del vòlto secondo le considerazioni del num. 25. Si vedrà quindi fin dove bisognerà nella costruzione spingere la struttura del vòlto propriamente detto, e che si forma con cunei. Ma ne risulterà che l'inclinazione dei cunei, normali al primo intradosso, non può convenire alla nuova curva delle pressioni; e siccome queste variano di continuo a seconda dell' intensità e dei punti d' applicazione dei sopracarichi accidentali, così appare che a rigor di principio non si può dare ai letti dei cunei una posizione ed una forma tale che riescano ugualmente adatti al vòlto scaricato e caricato. Ma la tenacità e l' attrito della materia permette di dare, in certi limiti, al vòlto scarico una forma atta anche a sopportar carichi in buone condizioni d'equilibrio. Di qui conseguirebbe che in pratica parrebbe meglio che i cunei fossero normali alla seconda curva delle pressioni calcolata prima della costruzione di un vòlto soggetto ad essere ora carico ed ora scarico.

Ma in costruzione i cunei si collocano sempre normalmente al primo intradosso, che è la prima curva delle pressioni, e la nuova curva incontrerà i cunei sotto angoli diversi ed obliqui, e questa obliquità aumenta a misura che si progredisce verso l'imposta c, e sarà tanto più grande quanto più questo punto è distante dal punto C; ma siccome questo si ritiene anche per imposta della nuova curva delle pressioni, così l' obliquità sotto la quale taglia i letti dei cunei non può nei casi pratici essere sensibile. Un' altra obliquità nasce anche dal trasporto parallelo della seconda curva delle pressioni al di sopra del punto B, ma stante la piccolezza della chiave rispetto al raggio all' intradosso, tale obliquità nei casi comuni è anche trascurabile. Se però essa è tale da doverne tener conto, valutando l' attrito solo della ma-

teria, il peso, e la spinta dell'arco, si può calcolare senza difficoltà il limite dell' obliquità necessaria all' equilibrio.

Ritorniamo ora alle equazioni del numero precedente.

38. Il vôlto dovendo conservare la forma e la posizione che ha, la curva data dall'equazione (23) sarà una curva di pressione, che, come già vedemmo sopra, partendo dalla chiave in B, va in generale all'imposta c (N. 36). Bisognerà quindi che l'estradosso orizzontale non muova, e per conseguenza si avrà in tutti i punti della nuova curva il peso verticale elementare rappresentato dalla lunghezza dell'asta $z + a' + a''$; le estremità inferiori di tali lunghezze o spessori determinano l' intradosso dato che sarebbe la *prima curva delle pressioni*, la quale sarà diversa dalla seconda rappresentata dall' equazione (23), e che è in generale indeterminata, e che si determinerà dal suo punto d'imposta, o assoggettandola a passare per un dato punto. Se adunque scegliendo la curva che passa pel punto B (fig. 14) vogliamo che passi al punto c di cui le coordinate sono $z = b'$, $y = c$, l' equazione (23) darà:

$$A' = A\,\frac{a' + s}{b' - s}\left(\frac{e^{nc} + e^{-nc}}{2} - 1\right) + p\,\frac{a'' c^2}{2(b' - s)}$$

Essendo poi $A' = r'(a' + a'' + s)$, ricaveremo il valore di r'. La seconda curva delle pressioni passante per B sarà dentro l'arco o passerà fuori al disotto, secondochè sarà $r' > r$, o $r' < r$.

Ma siccome dall' equazione (22) abbiamo:

$$(a' + s)\left(\frac{e^{nc} + e^{-nc}}{2} - 1\right) = b - s,$$

sostituendo nel valore di A' avremo:

$$A' = A\,\frac{b - s}{b' - s} + p\,\frac{a'' c^2}{2(b' - s)}$$

Ma per fare un giusto paragone fra la seconda curva delle pressioni e la prima, che è l' intradosso, converrà che il punto c cada sul punto C, e così sarà $b'=b$, ed allora verrà:

$$A'=A+p\frac{a''c^2}{2(b-s)}=pr(a'+s)+p\frac{a''c^2}{2f},$$

e poi:

$$r'=\frac{A'}{p(a'+a''+s)}=r-a''\frac{r-\frac{c^2}{2f}}{a'+a''+s},$$

facendo, come si è già notato sopra, $b-s=f$.

Quando invece di aggiungere a'' lo si togliesse, allora questa quantità diviene negativa, e si avrebbe:

$$A'=A-p\frac{a''c^2}{2f}\quad,\qquad r'=r+\frac{r-\frac{c^2}{2f}}{a'-a''+s}$$

39. Sia ancora un vôlto ad intradosso circolare con sopracarico accidentale a''; la sua equazione sia (N. 14)

$$r+s-x=\sqrt{r^2-y^2}$$

avremo:

$$\frac{dx}{dy}=\frac{y}{\sqrt{r^2-y^2}}\quad,\qquad\frac{d^2x}{dy^2}=\frac{r^2}{(r^2-y^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$x=r+s-\sqrt{r^2-y^2},$$

e l' equazione (21) diverrà, sostituendo i valori di x, e $\frac{d^2x}{dy^2}$,

$$A' \frac{d^2 z}{dy^2} = p' z + p a'' - p' (r + s) + p' \sqrt{r^2 - y^2} + A \frac{r^2}{(r^2 - y^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Trascurando il peso del riempimento sui fianchi, il cui effetto sarebbe di diminuire lo spessore verticale del vôlto in ogni punto dell'intradosso, faremo $p' = o$, e l' equazione precedente diviene:

$$A' \frac{d^2 z}{dy^2} = A \frac{r^2}{(r^2 - x^2)^{\frac{3}{2}}} + p a''$$

Integrando in modo che sia $\frac{d z}{d y} = o$, e $z = s$, quando si fa $y = o$, otterremo:

$$A' \frac{d z}{d y} = A \frac{d x}{d y} + p a'' y = A \frac{y}{\sqrt{r^2 - y^2}} + p a'' y$$

$$z = s + \frac{A}{A'} \left(r - \sqrt{r^2 - y^2} \right) + p \frac{a'' y^2}{2 A'} \qquad (25)$$

Se consideriamo un vôlto sorbassato, e perciò una parte soltanto dell'arco, a tutto sesto, e vogliamo per la seconda curva delle pressioni prendere per imposta il punto C (fig. 14), chiamando f la monta dell' arco, e $2c$ la corda, sarà $z = s + f$ mentre $y = c$, onde sostituendo nell' ultima equazione, e notando che:

$$f = r - \sqrt{r^2 - y^2}$$

ricaveremo:

$$A' = A \frac{r - \sqrt{r^2 - c^2}}{f} + p \frac{a'' c^2}{2 f} = A + p \frac{a'' c^2}{2 f}.$$

Poi avremo:

$$r' = \frac{A'}{p\,(a' + a'' + s)} = \frac{r\,(a' + s) + \frac{a'' c^2}{2f}}{a' + a'' + s}$$

$$= r\,a''\,\frac{r - \frac{c^2}{2f}}{a' + a'' + f}$$

espressione uguale a quella del numero precedente.

Vedremo dal valore di r' che essendo $r > \frac{c^2}{2f}$ sarà $r' < r$, e perciò la seconda curva delle pressioni passa sotto l' intradosso, il quale così sotto il carico a'' tenderebbe a prendere una forma meno ampia della circolare nei limiti dell' intradosso, $C'\,m'\,B\,m\,C$. (fig. 14).

Se supponiamo l'arco intiero semicircolare faremo $c = r$, e verrà $f = r$, ed in seguito:

$$A' = A + p\frac{a'' r}{2} = pr\left(a' + \frac{a''}{2} + s\right)$$

Così il peso totale del sopracarico, cioè $p\,a''\,r$ fa aumentare la spinta orizzontale della metà di esso.

L' equazione della seconda curva delle pressioni sarà:

$$z = s + \frac{a' + s}{a' + \frac{a''}{2} + s}\left(r - \sqrt{r^2 - y^2}\right) + \frac{a'' y^2}{a' + \frac{a''}{2} + s}\,.$$

Questa curva oltre di essere tangente al circolo alla chiave gli è pure tangente all' imposta, perchè quivi si ha $\frac{dz}{dy} = \infty$ e per conseguenza non taglia il circolo: ed il raggio r' alla chiave si avrà dall' equazione:

$$A' = p\, r' (a' + a'' + s)$$

e verrà:

$$r' = \frac{A + p\,\frac{a'' r}{2}}{a' + a'' + s} = r - \frac{a'' r}{2(a' + a'' + s)} .$$

Questo valore mostra pure che, come nell'arco sorbassato, la seconda curva delle pressioni sarà tutta fuori e sotto del vôlto. Bisognerà perciò farne il trasporto parallelo verticale, come è già stato sopra indicato, nell'interno del vôlto, onde esaminare se in varie posizioni di essa sono soddisfatte le condizioni d' equilibrio.

40. La distanza verticale fra i punti di questa curva ed i corrispondenti del circolo varia dal punto B dove è nulla fino a C dove ritorna a zero; vi sarà dunque un luogo dove questa distanza è massima. Ora questa distanza è $z - x$; e chiamandola Δ, e servendosi delle ascisse relative al circolo, cioè della variabile x, si avrà:

$$\Delta = s + \frac{a' + s}{a' + \frac{a''}{2} + s}(x - s) + \frac{a''\left[r^2 - (r + s - x)^2\right]}{2r\left(a' + \frac{a''}{2} + s\right)} - x$$

$$= (x - s)\left(\frac{a' + s}{a' + \frac{a''}{2} + s} - 1\right) + \frac{a''\left[r^2 - (r + s - x)^2\right]}{2r\left(a' + \frac{a''}{2} + s\right)}$$

$$= a'' \frac{(x - s)(r - x + s)}{2r\left(a' + \frac{a''}{2} + s\right)} .$$

Differenziando questa espressione rispetto ad x, ed uguagliando a zero il coefficiente differenziale $\frac{d\Delta}{dx}$ otterremo:

$$x = s + \frac{r}{2}$$

e sostituendo nel valore di Δ per averne il massimo valore, avremo:

$$\Delta = a'' \frac{r}{4(2a' + a'' + 2s)} \,.$$

Il valore di x dimostra come il massimo valore di Δ corrisponde all' angolo di 60.° a contare dalla chiave. Così il minore trasporto verticale parallelo dentro il profilo del vôlto sarà di questa quantità Δ più la parte dello spessore verticale che corrisponde a $\frac{1}{3}$ dello spessore normale del vôlto, parte che per un punto qualunque della chiave fino a 60° ai quali estendiamo queste applicazioni, potrà essere con sufficiente approssimazione $\frac{1}{3} \frac{s}{\cos.^2 a}$ (N. 24. 25. 26), e che pei 60.° diverrà $\frac{4}{3}s$.

Applicando le stesse considerazioni alla ricerca di Δ pel vôlto sorbassato del N. 38 avremo, mettendo il valore di A' nell'equazione generale (25)

$$z = s + \frac{(x-s)(a'+a''+s)r - a''\frac{(x-s)^2}{2}}{r(a'+s) + \frac{a''c^2}{2f}}$$

$$\Delta = a'' \frac{(x-s)\left(r - \frac{c^2}{2f}\right) - \frac{(x-f)^2}{2}}{r(a'+s) + \frac{a''c^2}{2f}} \,,$$

e chiamando Δ' il massimo valore di Δ, come sopra si è fatto, si ha:

$$x = s + r - \frac{c^2}{2f}$$

$$\Delta' = \frac{a''\left(r - \frac{c^2}{2f}\right)^2}{2r(a'+s) + \frac{a''c^2}{f}}$$

Se ci riportiamo al ponte preso ad esempio al N. 27 avremo $c = 8$, $f = 1{,}60$, $a' = 0{,}35$, e se supponiamo il carico accidentale uguale al permanente avremo pure $a'' = 0{,}35$, e si troverà $\Delta' = 0{,}0035$; perciò il vôlto sotto un carico addizionale accidentale di 700 chilogrammi per metro quadrato tenderebbe a variare l'intradosso in modo inapprezzabile, e così la seconda curva delle pressioni che passa pei punti B e C si scosterebbe assai poco dalla prima che è l'intradosso.

41. Se il sopracarico accidentale a'' tenta, diremo così, ad abbassare l'intradosso, la soppressione di una parte a'' del carico dal dorso del vôlto fa sì che la seconda curva delle pressioni entrerà nell'interno del vôlto; e questo dimostra il valore del relativo raggio r' che sarà maggiore di r. Le espressioni di Δ, e Δ' del N.° 40 danno valori negativi in questo caso, essendo a'' negativo.

Si vede quì come nella costruzione di un ponte simile a quello tolto ad esempio convenga dare la forma che richiedesi dal carico a' permanente al profilo del suo vôlto con intradosso circolare; l'addizione del carico accidentale a'' non potrà arrecare variazione sensibile alla sua forma. Se però il sopracarico addizionale accidentale non è uniformemente distribuito sulla sua altezza e su tutta la lunghezza e la larghezza del vôlto, questa conclusione non sarebbe applicabile. Vedremo questo nel seguito.

I vôlti dei ponti per causa dei pesi che devono sopportare hanno sempre lo spessore, alla chiave, di qualche considerazione e la seconda curva di pressione può stabilirsi facilmente in varii luoghi dentro il profilo; ma se si trattasse di vôlti sottili di fabbricati, un esame accurato rendesi allora necessario a chi voglia

ben librare i pesi a disporsi a vôlta, e le formole sopra riportate potranno essere applicate.

Lo spessore s della chiave del vôlto dovrà in ogni caso determinarsi colla supposizione che la spinta orizzontale sia A', quindi invece della formola (16) si dovrà far uso della seguente. Ritenendo la denominazione di R al N.° 16, avremo:

$$A' = R\,s,$$

e mettendo il valore di A' relativo all'arco sorbassato, portato al N.° 38, verrà l'equazione:

$$p\,r\,(a' + s) + \frac{p\,a''\,c^2}{2f} = R\,s$$

donde:

$$s = \frac{p\left(r\,a' + \frac{a''\,c^2}{2f}\right)}{R - p\,r} \qquad (26)$$

Pel ponte nell'esempio del N.° 27, facendo $a'' = a' = 0,35$ come al N.° 40, si avrebbe:

$$s = 1,55.$$

Se questo spessore paresse eccessivo, notisi che anche il peso che si suppose sul dorso del ponte in chilogrammi 1400 per metro quadrato, è anche eccessivo. Se questo ponte dovesse servire alle strade ordinarie in cui il sopracarico si estima di 300 chilogrammi per metro quadrato al più, si avrà $a'' = 0,15$, e potendosi ammettere il carico permanente $a' = 0,20$ verrebbe

$$s = \frac{14,32}{18,40} = 0,778$$

Supponendo ora il ponte senza il sopracarico a'', avremo:

$$\Delta = - \frac{0,96}{34,6858} = - 0,0027,$$

e l'intradosso tenderebbe così a prendere un minimo spostamento inapprezzabile con curva delle pressioni che passerebbe dentro il vôlto.

42. Dal N.° 36 al 40 abbiamo presi ad esame due casi speciali di vôlti; esaminiamo ora il caso generale. L'equazione (21) N.° 35, facendovi $p' = o$, integrata in modo, che $y = o$ dia:

$$\frac{d\,z}{d\,y} = o, \qquad \frac{d\,x}{d\,y} = o,$$

divione

$$A' \frac{d\,z}{d\,y} = A \frac{d\,x}{d\,y} + p\,a'' y.$$

E siccome $A' \frac{d\,z}{d\,y}$ indica il peso del vôlto, e di ciò che gli sta sopra dalla chiave fino al punto M (fig. 15), così chiamando P' questo peso, sarà:

$$P' = P + p\,a'' y$$

cosa evidente da sè stessa.

Integrando di nuovo in maniera che $y = o$ dia $z = s$ ed $x = s$, verrà

$$A' (z - s) = A (x - s) + p\,a'' \frac{y^2}{2} \qquad (27)$$

Se consideriamo la nuova curva delle pressioni che passa pel punto B della chiave, e prendiamo per sua imposta quella dell'intradosso, ossia lo stesso punto C, ritenendo f la monta, e c la semicorda dell'intradosso $B\ C$, avremo in generale:

$$A = A + p\ a'' \frac{c^2}{2f}.$$

espressione uguale a quella del N.° 38.

Il termine $p\ a'' \frac{c^2}{2f}$ è la spinta orizzontale dell'arco parabolico (N.° 5) che passa pei punti B e C, ed è carico del peso uniformemente distribuito sull'altezza a''. Mettendo il valore di A' nell'equazione (27) avremo:

$$z = s + \frac{A\ (x - s) + p\ a'' \frac{y^2}{2}}{A + p\ a'' \frac{c^2}{2f}}$$

Così se a'' fosse assai grande in confronto di $a' + s$ che è fattore della spinta orizzontale A, si potrà ritenere la spinta A uguale a quella della parabola; in altri termini, crescendo a'', la seconda curva delle pressioni tende a divenire una parabola. La equazione di questa parabola *limite* sarebbe:

$$z = s + \frac{y^2 f}{c^2},$$

e la sua forma è indipendente da a''. Infatti il carico essendo uniforme sulla curva, il N.° 5 dà una parabola, qualunque sia il peso del carico.

A questo limite parabolico accenna pure Scheffler nelle determinazioni grafiche delle curve delle pressioni nel suo trattato sulla *stabilità delle costruzioni*.

Noteremo anche ora che il secondo termine del valore di A' è la spinta orizzontale prodotta dalla retta $B\,C$ caricata uniformemente del peso $p\,a''\,c$ di cui è caricata anche in modo uniforme la semicorda dell' arco, la quale è la proiezione orizzontale della retta $B\,C$. Se si considerasse la curva di pressione coll' imposta in c (fig. 14), alla retta $B\,C$ si surroga la $B\,c$ più inclinata, ciò che accresce la sua spinta. Questo risultato é d'altronde prevedibile.

43. Supponiamo ora che sia costrutto il ponte collo spessore s alla chiave dato dalla formola (26), e coll' intradosso circolare dell'esempio del N.° 14; si avrà

$$A = p\,r\,(a' + a'' + s)$$

$$X = (a' + a'' + s)\,\frac{r^3}{(r + s - x)^3} - (a' + a'')$$

dove a' indica il carico permanente, ed a'' l'accidentale.

Eseguito l'arco e non essendovi sopra il carico a'', la sua nuova spinta orizzontale A' sarà minore di A, ed avremo per l' arco sorbassato come vedemmo sopra:

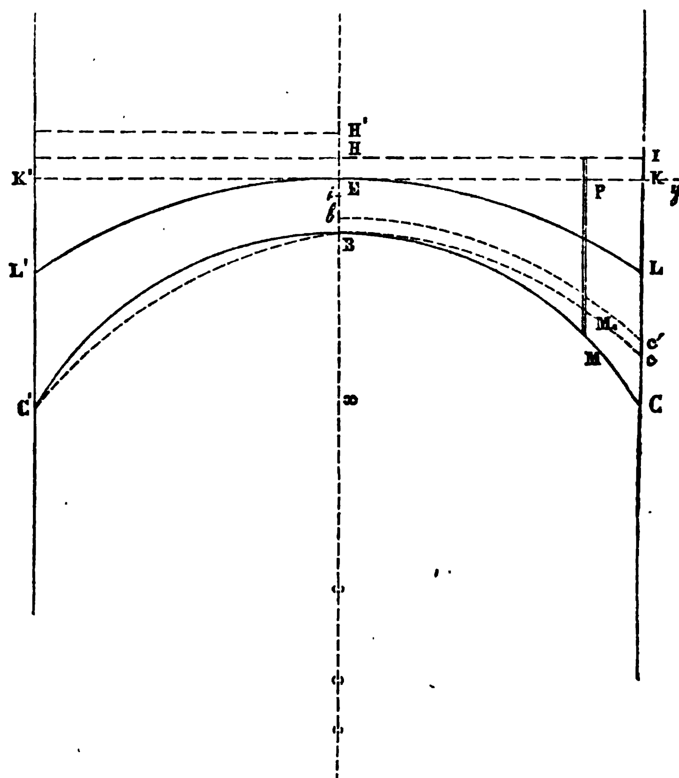
$$A' = A - p\,a''\,\frac{c^2}{2f} = p\,r\,(a' + s) - p\,a''\left(\frac{c^2}{2f} - r\right)$$

Se ora mettiamo sulla sola metà $E\,K'$ del vôlto il sopracarico a'', è chiaro che la sua spinta ritornerà ad essere A, e la curva delle pressioni ritornerà ad essere quella di prima. Questa pressione orizzontale A spingerà l'altra metà del vôlto priva del sopracarico a''; ma questo mezzo vôlto sebbene riceva ancora la spinta orizzontale A di prima, non potrà più ricuperare la prima curva delle pressioni, stantechè diverso è il modo di produrre la spinta A nel primo e nel secondo caso. Nel primo è prodotta dall'aggiunta del sopracarico a'' sul suo dorso; nel secondo dalla pressione orizzontale sul punto B senza il concorso dell' azione di quel sopracarico. Questa seconda curva delle pressioni s'innalzerà adunque dentro il profilo del vôlto, e se la sua imposta

cadrà fuori del profilo del vôlto propriamente detto (N.° 22) e nella massa d'equilibrio, la stabilità dell'arco sarà compromessa, e se cadrà fuori di questa massa, l'arco sarà rovesciato. Cerchiamo questa nuova curva.

Sia (fig. 15) $C' L' E L C B$ l'arco equilibrato sotto il carico

Figura 15.ª



$a' + a''$, e sia alla metà $B\,L$ tolto il sopracarico $a'' = H\,H'$; sia $B\,M,\,c$ la nuova curva delle pressioni, ed r' il raggio di curvatura alla chiave B; avremo

$$A' = p\,r'\,(a' + s)\,,$$

da quest' equazione ricaveremo il nuovo raggio di curvatura r'. Lo spessore verticale del vôlto in prima costruzione dell' estradosso, al punto in cui l'ascissa sia x, è (N.° 10)

$$(a' + a'' + s) \frac{r^3}{(r + s - x)^3} - (a' + a'');$$

dunque chiamando z l'ascissa PM, dalla nuova curva BM, c, osservando che

$$A = pr(a' + a'' + s),$$

avremo (N.° 2)

$$\frac{A r^2}{(r + s - x)^3} + a' p - (a' + a'') p = A \frac{d^2 z}{d y^2}.$$

Integrando in modo che siano $\frac{dz}{dy} = o$, e $z = s$ quando $y = o$ e riducendo, avremo

$$\frac{dz}{dy} = \frac{y}{\sqrt{r^2 - y^2}} - \frac{p a'' y}{A}$$

$$z = s + r - \sqrt{r^2 - y^2} - \frac{pa''}{A} \frac{y^2}{2} = x - \frac{pa''}{A} \frac{y^2}{2}.$$

Facendo $y = c$, avremo la distanza Kc del punto c dall'asse EK delle y, e potremo regolare così la costruzione del vôlto coi cunei. Così con questa curva delle pressioni il mezzo arco BL scarico conserverà la sua forma e posizione, ma l'azione interna provata dalla materia è diversa da quella che prova il mezz'arco, carico BL'. Trasportando successivamente parallela a sè stessa questa curva, facendo camminare il punto B sulla chiave BE, vedremo fino a qual punto la condizione d'equilibrio sarà soddisfatta.

Se ammettiamo che il limite della posizione della curva BM, c sia quello in cui il punto B sia portato in i dove $\overline{Bi} = \frac{1}{3} s$,

e vogliamo che $\widehat{Lc}$ sia uguale tutt' al più $a\frac{1}{3}\ \overline{LC}$, avremo una condizione che servirà a determinare il limite del sopracarico a'' che non si dovrebbe oltrepassare, per la sicurezza del semiarco BL. Ma questo nei ponti è solo applicabile quando lo estradosso EL è al di sotto dell'orizzontale EK; se esso stesse al di sopra (caso assai raro in pratica nel limite dell' angolo $a = 60.°$), allora si cambierà la natura dell'estradosso, sceglien-dolo tale che la condizione sopra indicata abbia luogo.

Facendo nell'equazione (12) $x' = o$, e $x = s + \frac{r}{2}$, troveremo che al limite $a = 60.°$ l' estradosso incontra l' orizzontale EK quando $3a + 4s = 2r$.

Si vedrà dal risultato della curva $BM_{,}c$, che se i materiali che si hanno á disposizione non sono tutti di uguale resistenza, gli è al di sopra di questa curva che bisognerà adoprare i migliori.

44. Sia in generale un mezzo arco equilibrato qualunque, il suo spessore verticale si avrà dalla formola (1), che dà

$$x - x' = \frac{A\frac{d^2x}{dy^2} - p(a' + a'') - p'x}{p - p'}$$

dove

$$A = pr(a' + a'' + s)$$

ed a è surrogata da $a' + a''$.

Se supponiamo ora che al punto B intradosso della chiave si eserciti una spinta orizzontale indeterminata A', la curva delle pressioni si allargherà, e si determinerà colla regola stessa che ci ha guidati nel numero antecedente. Così se z è l'ascissa del punto $M_{,}$ (fig. 15) avremo (N.° 2)

$$pa' + \frac{pA\frac{d^2x}{dy^2} - p^2(a' + a'') - pp'x}{p - p'} = A'\frac{d^2z}{dy^2}.$$

Trascurando il peso p' si avrà

$$\frac{d^2 z}{d y^2} = \frac{A}{A'} \frac{d^2 x}{d y^2} - \frac{p a''}{A'};$$

integrando al solito, avremo

$$z = \frac{A}{A'} (x - s) - \frac{p a''}{A'} \frac{y^2}{2} + s \qquad (28)$$

Questa curva si allarga a misura che A' aumenta, e se questa è infinita, si cambierà nella linea retta orizzontale che passa per B, com' è evidente. L'equazione dell'intradosso dando una relazione tra x ed y, si otterrà z in funzione di x, o di y.

Così se si costrurrà il vôlto colle dimensioni relative al carico totale $a' + a''$, quando il carico accidentale a'' manca, la spinta orizzontale diminuisce di $p\, a'' \frac{c^2}{2f}$, perchè all'imposta c essendo $y = c$, e ricordando che $b - s = f$, quest'ultima equazione dà

$$A' = A - p\, a'' \frac{c^2}{2f}$$

Se poi invece il semiarco $B\,E\,L\,C$ stabilito, ed avente la spinta orizzontale A, fosse al punto B spinto orizzontalmente con forze A', l'equazione (21), facendovi $p' = o$, $a'' = o$, darà

$$A' \frac{d^2 z}{d y^2} = A \frac{d^2 x}{d y^2},$$

e mettendo $K\,C = b$, $K\,c = b'$, e chiamando θ e ψ gli angoli che fanno coll'orizzonte le tangenti rispettive alla curva in C, e c, ed integrando appropriatamente, e prima in modo che siano insieme

$$\frac{dz}{dy} = o \qquad \frac{dx}{dy} = o,$$

si otterrà

$$z - b' = \frac{A}{A'}(x - b)$$

$$b' = s + \frac{A}{A'}(b - s)$$

$$\text{tang. } \psi = \frac{b - s}{b' - s} \text{ tang. } \theta$$

Questi risultati essendo generali sono applicabili ad intradossi di qualsiasi natura.

45. Segue da queste formole che nel semiarco scaricato e spinto alla sua chiave dalla forza orizzontale A' la curva delle pressioni tende a rialzarsi, ed incontrerà la verticale dell'imposta sotto un angolo ψ tale coll'orizzonte, che tang. ψ sta a tang. θ in ragione inversa delle saette della prima e della seconda curva delle pressioni: ed il rapporto fra A ed A' è uguale a quello che risulterebbe fra le spinte orizzontali prodotte da un peso applicato all'estremo B di due verghe rigide e senza peso BC, e Bc.

Questa seconda curva $BM_{,}c$ trasportata in su parallelamente a sè stessa dentro il profilo del vôlto BL, il quale è la parte dell'arco equilibrato fatta a cunei, dovrà soddisfare alle condizioni di stabilità di cui è sopra discorso. Così, dopo aver costrutta la curva EL per mezzo della legge che avremo adottata per gli spessori normali relativamente alla resistenza dei cunei (N. 26), faremo il trasporto parallelo della curva $BM_{,}c$ fra i limiti b ed i, dove si ha $Bb = Ei = \frac{1}{3}s$, e vedremo se anche sugli spessori normali corrispondenti ai punti C ed L le condizioni di resistenza sono adempite. Non si trasanderà di pren-

dere anche in considerazione l'angolo sotto il quale la curva incontra ogni letto dei cunei, che sono posizioni determinate di spessori normali. Nei vôlti sensibilmente sorbassati gli spessori normali saranno meglio rappresentati da $\frac{s}{\cos.\alpha}$ (N. 22), e perciò l'altezza CL non si scosterà guari da $\frac{s}{\cos.\alpha}$ e la curva delle pressioni $BM_{,}c$ nelle varie sue posizioni fra b ed i taglierà prossimamente la CL in parti proporzionali a quelle in cui sono divisi gli spessori normali in C ed L; e la ricerca delle condizioni di stabilità può farsi sulla medesima CL. Allorquando il vôlto è assai sorbassato, e lo spessore alla chiave è considerevolmente piccolo relativamente al raggio, lo spessore verticale CL è sensibilmente uguale allo spessore verticale totale dell'arco equilibrato, spessore che, come dicemmo sopra, va dal punto C all'estradosso della massa d'equilibrio (N. 22). Così in questi casi la ricerca delle condizioni sopraccennate potrà farsi sullo spessore CL che si determina colla formola generale (4), e diremo, per esempio, che il punto c', dove il punto c cade trasportando la curva Bc in bc', soddisferà alla condizione di stabilità all'imposta se si ha $Cc =$ ovvero $> \frac{1}{3}\ CL$.

Se la punteggiata $C'B$ indica la seconda curva delle pressioni relativa al semivolto BL' caricato, la punteggiata $C'BM_{,}c$ sarà la seconda curva delle pressioni per tutto il vôlto $C'BC$ caricato sulla metà EK, curva che tutta insieme deve essere posta alla prova del trasporto parallelo.

(Continua).

Ing. P. Seggiaro.

LES GRANDES USINES par TURGAN.

Le Creusot.

Paris, 1866.

Le numerose e sempre crescenti applicazioni della scienza agli usi ed ai bisogni della vita hanno resa ognor più apprezzata l'utilità di quei libri i quali, proponendosi di rendere popolari tali applicazioni, ne fanno conoscere le cause e l'origine e ne svolgono i processi. Ma non è raccogliendo qua e colà fatti e notizie tolte a giornali ed alle riviste scientifiche che si può comporre un libro popolare di scienza, come da massi informi ammucchiati senza ordine e senza un disegno mal si può costrurre un insieme architettonico. Un libro popolare di scienza per essere chiaro e facile non deve andar privo di quella esattezza e precisione che è necessaria ad ogni questione scientifica. Fra questi libri che voglionsi raccomandare al pubblico va meritamente ricordata l'opera del sig. Turgan *Les grandes Usines*, della quale è ora pubblicato il sesto volume, che incomincia colla descrizione dello stabimento metallurgico *Le Creusot* (1), opera corredata di opportune incisioni, le quali unitamente alle illustrazioni scientifiche valgono a dare un concetto abbastanza adequato della manifattura descritta anche a chi non può procurarsi con una visita sul luogo una più completa informazione.

(1) Gli altri stabilimenti descritti in questo volume sono i seguenti: Fabrication des eaux de vie: — Etablissement J. Hennesy à Cognac.— Filature de soie de M. Blanchon à St. Julien-Saint Alban (Ardéche). Ardoiseries d'Angers. — Tuilerie de Montchanin. — Fabrique d'acier fondu de M. Frederich Krupp à Essen (Prusse). — Forges imperiales de la marine à Guérigny (Nièvre). — Dentelles de Puy. — Fabrique d'aiguilles de M. Schumacher à Aachen (Prusse). — Caves de Roquefort. — Fabriques d'Aluminium à Alais, et de bronze d'aluminium à Nanterre.

Creusot, paese posto a 31 chilometri da Autun nel dipartimento della Saône-et-Loire, non è soltanto un' officina, ma un vero *mondo* a sè, una specie di impero del ferro, al quale si potrebbe assegnare il motto: tutto per il ferro e col ferro. Posto nel banco carbonifero e siderurgico il più abbondante della Francia, questo stabilimento non è costretto a trarre da lontano l'enorme quantità di combustibile di cui abbisogna per la lavorazione del suo minerale, perchè d'accanto ai pozzi da cui si estrae il minerale vi hanno le gallerie per lo scavo del carbon fossile. Nulla di più interessante quanto il seguitare, dietro la scorta di questo libro, la descrizione delle diverse parti dell'officina, dalla preparazione del cok, ottenuto in 180 ritorte che ne producono oltre a 200 tonnellate al giorno, appena sufficiente ai bisogni dello stabilimento, agli enormi magli e ai *marteaux-pilons* per la lavorazione del ferro. Nè sono punto trascurati i dettagli delle singole operazioni, quale la triturazione del carbon fossile, la sua lavatura, la miscela delle diverse qualità di carbone allo scopo di avere un cok adatto agli usi metallurgici, la carica dei forni e l'estrazione di quella massa incandescente, simile ad una muraglia di fuoco nella quale si versa poscia un torrente di aqua a spegnerne la combustione ed a produrne lo sfranamento in minuti pezzi. Quanto dev'essere grandioso lo spettacolo di 14 alti forni, i quali con un lavoro incessante rendono in media ciascuno 30 tonnellate di ghisa al giorno. Nel leggere la descrizione di Turgan vi par udire il fischio dell'òra infuocata che soffia in quell' ammasso di fuoco, ed il frastuono delle enormi macchine soffianti, al cui movimento sono adoperate macchine a vapore di una forza complessiva di 800 cavalli.

Così passo passo il lettore è guidato a visitare tutte le diverse parti che compongono questo importantissimo stabilimento, nel quale lavòrano più di 10,500 operaj; e che venuto in pochi anni al suo attuale sviluppo, può ora spingere i suoi prodotti e le sue locomotive sulle stesse ferrovie inglesi a gareggiare colle macchine costruite negli stabilimenti metallurgici di quel paese.

Direttore e proprietario dello stabilimento è il sig. Schneider, il quale si è meritamente acquistato il titolo alla nobiltà più gloriosa e più utile, quella del lavoro e dell'intelligenza; e che nulla ha risparmiato per promovere l'incremento ed il progresso della metallurgia e della meccanica a Creuzot. Dietro un viaggio in Inghilterra fatto nel 1846, Schneider scrivea: « Io non conosco « specialità industriale nella quale noi siamo tanto addietro agli « Inglesi quanto nella costruzione delle macchine, dalla quale,

« pur troppo dipende lo sviluppo industriale di un paese: ma « d'altra parte, ad onta di una tale inferiorità, io non conosco « produzione nella quale la Francia possa superare altrettanto « rapidamente e facilmente la distanza che la separa dalla nazione « rivale. I nostri ingegneri hanno una maggior ricchezza di co- « gnizioni teoriche ed un maggior spirito di invenzione; i nostri « ferri, sebbene più costosi, sono anche migliori; ed i nostri « operai sono bensì meno educati, ma più intelligenti. Il nostro « torto consiste nell'aver messo la teoria pura in luogo della pra- « tica guidata dalla teoria, e di aver troppo pensato al sistema « senza aver abbastanza posto mente alla perfezione dell'esecu- « zione. Una eccellente idea male eseguita dà dei cattivi risul- « tati, ed una buona esecuzione materiale dà valor pratico ad una « idea mediocre. Una esecuzione perfetta non ottiensi che mediante « buoni istrumenti, e non soltanto con uomini, e specialmente nei « grandi stabilimenti, dove nulla è economizzato. » Queste parole, scritte or sono 20 anni, possono servire di punto di partenza a misurare il cammino percorso dalla Francia in questo frattempo; e lo stabilimento di Creusot, sotto l'abile direzione del suo capo, non vi ebbe certamente una parte lieve.

Lo stabilimento è inoltre fornito di tutte quelle istituzioni di scuole pei fanciulli, di soccorsi ai malati, di ajuti e pensioni ai vecchi ed agli invalidi che questa generosa nazione ha saputo promuovere ovunque con uno slancio degno di trovare imitatori in tutti i paesi.

A. Pavesi.

DA MILANO A VARSAVIA IN TRE GIORNI.

LETTERA ARCHITETTONICA.

II.

(Vedi il Fasc. del settembre.)

Varsavia, 12 ottobre 1866.

Non ho avuto in questi dì nè agio, nè voglia di continuare il mio vaniloquio architettonico. Ripiglio oggi la narrazione del viaggio precipitoso, e la voglio in tre giorni finire. Ma le prime pagine della lettera, che vi spedii sino dal dì 27 dello scorso mese, vi son capitate? Non mi maraviglierei che questa buona polizia moscovita le avesse trattenute al confine, o mandate — chi lo sa? — a Pietroburgo. In verità avreste perso poco, voi ed i lettori del *Politecnico;* quanto all' amministratore, ci avrebbe guadagnato un tanto.

Si restò dunque, io credo, sul lago di Costanza. Avevo nel sacco da viaggio, insieme a un Dantino piccin piccino, a' libri, tradotti s' intende, di Confucio e di Mencio, ed a'Stornelli toscani, il *Journal du voyage de Michel de Montaigne.* Il Montaigne viaggiava il 1580 ed il 1581 in Germania e in Italia: andava ai bagni per il mal della pietra, e parlava molto dell' urina ch'egli faceva; ma che sottigliezza di osservazione, che occhio pronto, che spirito largo! Sull' Italia, che corse quasi intera, disse cose da poterci ammaestrare oggi; e, quando sarò tornato a Milano, farò forse per la parte letteraria del *Politecnico* uno studio comparativo fra l' Italia presente e quella di tre secoli addietro, pigliando questa dal vero e quella dal vecchio scrittor francese e da altri, che ci lasciarono i ricordi dei loro viaggi. In poche pagine colorisce il Montaigne con sicuro pennello l' indole de' buoni tedeschi, i quali somigliavano a' quei d' oggidì, e l'aspetto della

Germania meridionale, poich' egli non passò oltre la Svizzera tedesca, la Baviera e il Tirolo. In viaggio si ha l' occhio, la mente, la fantasia distratti così che non si può leggere; bisogna rileggere. Andavo dunque rileggendo qua e là nella mia vecchia edizione codeste pagine, dalle quali voglio cavare, dopo quasi trecent' anni, qualche fresca notizia architettonica. Non v' è sì piccola casetta di villaggio in Isvizzera, dice il Montaigne, che non abbia le sue finestre chiuse da vetri, spesso lavorati in diverse maniere; non v'è sì piccola chiesina che non abbia il suo orologio a quadrante. Hanno gli Svizzeri ottimi lavoratori in ferro ed in legno, meglio della Francia assai: belli i pavimenti delle loro stanze, e le coperture dei tetti in tegole a bizzarro disegno, bellissime le loro stufe fatte a mo' di stoviglia. Il legno che impiegano alle costruzioni lavorano, intagliano, inverniciano, e sovente dipingono. I letti nelle camere vi son tanto alti, che vi si sale con una scaletta.

A Bade, *locus*, al dire anche di Tacito, *ameno salubrium aquarum usu frequens*, il Montaigne si trattenne in un magnifico albergo, capace di trecento persone, con undici cucine. D' accosto alle stanze v' erano i gabinetti de' bagni, rivestiti di legno dipinto, e con tavolette da potere giocar stando in aqua; ben chiusi, e con belle finestrate a colori. V' erano a quel tempo in Bade due o tre bagni pubblici per i poveri; e la città, con larghe vie e case dipinte al di fuori, aveva molte fontane in legno od in pietra. Piaceva al viaggiatore la stufa: *au moins on ne s'y brûle ny le visage, ny les botes*. Passando da Schaffouse andò a Costanza, che apparteneva allora all' arciduca d' Austria, ed era cattolica dopo essere stata luterana. Il vescovo godeva quarantamila scudi di rendita. Stavano allora appunto quei di Costanza costruendo, per alzar l' aqua del lago a circa cinquanta piedi di altezza e condurla in città a muover molini, un grande tavolato con quindici ruote, che pigliavano l' aqua; e altre quindici ruote la ripigliavano in su portandola al terzo piano, da cui era nuovamente alzata a questo modo. Si sviò il Montaigne d' un dì per vedere Lindau, dove io appunto dovevo tosto approdare; gli piaque la cittadella tutta circondata dal lago, e la chiesa cattolica alzata, dice lui, nell' 866. Ben si doleva di non avere seco tre cose, un *Münster*, cioè a dire la Cosmografia di Sebastiano Münster, sopranominato lo Strabone della Germania; un domestico tedesco; un cuoco francese, che imparasse la scienza della cucina tedesca, di cui il Montaigne si compiace in modo da far venire l'aquolina in bocca. Continuò il suo viaggio per Kempten ad Au-

gusta, ch'era tenuta la più bella città di Germania, come Strasburgo la più forte, e vi loda la nettezza, le case dei *Foulcres*, coperte di rame, una porta di città con sì ingegnosi ponti levatoi e saracinesche, che la regina d'Inghilterra mandò per copiarla, ma le fu rifiutato; loda anche il pane, *le plus excellant qu'il est possible*, non però le donne, di cui dice non aver veduta una sola di bella. A Monaco trova un bel castello, e bellissime scuderie a vôlta, capaci di dugento cavalli. Per Innsbruck scende a Brixen ed a Bolzano, dove sclama che: *il connoissoit bien qu'il commençoit à quiter l'Allemaigne.* Nel Tirolo vede le case a vôlta a tutti i piani, e le tegole più piccole e più incavate che altrove, nè mai impiastrate di malta alle giunture. Gli pareva quel passo delle Alpi tanto comodo che *s'il avoit à promener sa fille, qui n'a que huit ans, il l'ameneroit autant en ce chemin, qu'en une allée de son jardin.* Insomma: *il avoit pris si grand plaisir à la visitation d'Allemaigne, qu'il l'abandonnoit à grand regret, quoyque ce fût en Italie qu'il aloit. Tout le demourant lui sambloit plein de commodité et de courtoisie, et surtout de justice et de sûreté.*

Giungevo col Montaigne a Trento, quando la vaporiera entrava nel piccolo porto di Lindau. In testa al braccio destro del molo posa un colossale leone di pietra; in testa al braccio sinistro si erge un faro non alto. Entrando nel ristretto bacino si scorge da un lato la stazione della ferrovia, edificio in terra cotta ed in pietra, di quello stile tedesco d'oggi, ad archi rotondi, a portici, a cortiletti, elegante e pulito, rallegrato da piante verdi che si arrampicano sulle cornici, e che nascondono sotto le loro foglie di un verde scuro quei luoghi comuni, i quali, per tradizionale sporcizia italiana, ci compiaciamo noi di porre quanto più è possibile sotto gli occhi alla gente. A destra si alza una vecchia torre, grave, triste, con la copertura di metallo, in forma di piramide acuta. Altre guglie si vedono lontano, dietro le case. Nel mezzo del molo sta il monumento al re Massimiliano, composto di parecchie figure in bronzo: opera assai notevole dell'Halbig. La città, il paese è pittoresco. Un ponte di legno, lungo ottocento piedi, traversa il seno del lago; mostrano alla testa i ruderi di una fortezza, costrutta, dicono dai Romani, per custodia della lor flotta del lago di Costanza.

Tre anni addietro, andando in Baviera per istudiarne le bellezze dell'arte antica e moderna, approdai a Friedrichshafen, giacchè volevo correre dritto ad Ulm, anzi al suo Münster. Dalla Stazione alla Cattedrale precipitai di corsa; la cresta del campanile era il mio faro. Sboccai a un tratto dallo svolto di una

via in faccia alla chiesa. Il primo aspetto è imponente: la massa bruna si stacca sul cielo biancastro e s'alza sulle casupole che la circondano, come un'antica quercia isolata sui nani arbusti. A quella quercia manca la cima, quasi un fulmine l'avesse decapitata; e in verità il pospetto del Duomo, che tutto si concentra nella metà d'una gran torre, pare un albero enorme, ma senza fronde, a cui la vendetta del cielo, nel quale si voleva spingere ed al quale arditamente guardava, abbia tolta la vigoria fiorente della vita. La corteccia nera sembra screpolata e rugosa; sembra che, i rami caduti giù, sia rimasto solo, maestoso, desolato il tronco in un freddo deserto. Si direbbe quasi il Geremia dei monumenti.

Al basso, dall'una e dall'altra parte del campanile, sbucano fuori due ali, che corrispondono alle navi minori della chiesa. Son di mattoni. In quella a sinistra s'apre una larga e bassa porta, su cui una lunga finestra acuta ad intrecci; all'estremità v'è un contrafforte, coi pinnacoli smozzati, ed una scaletta esterna di pietra, poggiata sopra un arco diagonale di mattoni, sporco di vecchia malta e cosparso di erba parasita. Nell'ala a destra, in sul prospetto, si vede una casupoletta, bassa, col tetto bucato di abbaini; pare un pitocco, che implori l'elemosina, od una impertinente edera di cemento e di tegole, che succhi l'alimento dal corpo martoriato del Duomo. Fra queste due ali si spinge in cielo il mozzicone della torre. All'alto è come un corpo a cui abbiano troncata la testa: le guglie spezzate, i contrafforti rotti, le creste arcuate, i pinnacolini puntuti, la copertura delle scalette e del centro, sanguinano; que' tendini, quelle vene, que' muscoli si raggrinzano e soffrono. Eppure per giungere alla cima di tal mozzicone bisogna salire quattrocento gradini. Lì, alti 327 piedi, si domina, come da un pallone areostatico, la pianura circostante, e con un cannochiale si nota il cono di Hohenstaufen. L'anno 1492 l'imperatore Massimiliano salì a quella altezza, e, sbalzato sulla cresta del muro, facendo centro di un piede, descrisse coll'altro in aria un cerchio intiero; ma gli storici non ci dicono il perchè di questa evoluzione. Fatto sta che da quell'anno la torre non è ita più in sù; pensiamo che cosa sarebbe diventata se Ensiger l'avesse potuta finire! Quell'apparato di barbacani rimane inutile; si trasformano in cento modi dal quadrato diagonale all'ottagono, dall'ottagono alla croce, dalla croce all'esagono, dall'esagono al triangolo, con piani che rientrano l'uno dall'altro via via e frontispizii e archetti trilobati e pilastrinelli e colonnette e gugliette e foglie arrampicanti. Giunto

all'apice, il vecchio capo maestro avrebbe dato fondo a tutte le combinazioni de' solidi geometrici, a tutti gli intrecciamenti delle forme acute! Ma come la solidità dei contrafforti è mascherata dalla varietà dei particolari, così il nucleo della torre è adombrato da una specie di velo architettonico. Dinanzi al lato della torre, che è bucato da un grande finestrone alla metà dell'altezza, e sopra da due, tutti rigati di colonnine e di cifre marmoree, si alzano chiusi fra i barbacani, de' pilastri lunghissimi e sottili sottili, isolati in tutta la loro altezza, i quali portano degli archi con frontispizii fiammeggianti, da cui nascono delle nervature tanto esili, che si direbbero di refe, e tanto intrecciate all'alto, che si direbbero pizzo o merletto lavorato dalle dotte dita di una gentile manina. Al basso i contrafforti sporgono così da lasciare spazio ad un profondo portico, aperto in tre archi snellissimi, sorretti da fascietti interminabili di cordoncini. Sugli archi girano delle mensole, e sulle mensole piantano diciannove statuette. Quanti diminutivi nel discorrervi dei particolari, quanti epiteti enormi nel discorrervi delle masse! Qui stà il segreto dell'architettura archiacuta. La statua, la cornice, il fregio, la foglia, il diametro della colonna rimangono della stessa misura se si applicano ad una cappelletta, ad un monumentino, a un altare, o se si innestano in una torre come quella di Strasburgo o in una cattedrale come quella di Colonia. I particolari dagli architetti dello stile archiacuto, son pigliati al modo delle parole, che restano quasi le stesse, sia che s'adoprino a comporre un poema su Dio, sia che s'impieghino a scrivere una letteruccia famigliare. Muta il concetto, muta la tela, muta anche la scelta del vocabolo e il giro della frase; ma il fondo del linguaggio resta il medesimo nella bocca di Dante e in quella del Sacchetti, nella bocca di Vittore Hugo e in quella del Beranger. La differenza stà nella copia degli elementi che si usano e nel modo di usarli, non nella loro dimensione reale. L'uomo è sempre piccino, anche dinanzi alle piramidi d'Egitto, e gli paiono grandi appunto perch'egli si sente piccino; ma questa misura effettiva della grandezza, di cui il criterio viene in questo caso da una unità di misura o modulo posto fuori del monumento, gli architetti tedeschi e francesi del medio evo hanno voluto chiudere nel monumento medesimo, serbando costanti in ogni caso i particolari. Non è così, lo sapete, negli stili classici. La forma parziale si gonfia coll'ingrandirsi della massa; l'ordine corrisponde all'edificio, la colonna all'ordine, la base alla colonna, il listello alla base. Tutto è proporzionato, tutto è indipendente dalla realtà delle cose. Se un disegno classico vi pare grande al

vostro bisogno, non vi conviene il più delle volte mutarlo; cancellate soltanto la scala che gli sta sotto, e la rifatè più grande: l'edificio senz'altro diventerà più piccolo, ma non cesserà di essere come prima armonico e completo. Se un disegno archiacuto vi pare grande non avete altro rimedio che rifare la pianta e gli alzati da capo. I Greci amavano tanto i rapporti, che facevano persino i gradini così alti da dovervi saltare su; i capomaestri del medio evo amavano tanto la lor misura reale e costante, che facevano le statue così piccolette da non poterle vedere dal basso. I primi avevano per guida il modulo, i secondi il piede: i secondi pensavano che l'uomo resta il medesimo dinanzi il rialzo fatto da una talpa e dinanzi al monte San Bernardo; i primi pensavano che le unghie di un nano son proporzionate al suo corpo come quelle di un gigante, e che il bambino crescendo cresce in ogni parte via via come nel tutto. I primi insomma alzavano gli edificii a similitudine dell'uomo, i secondi per l'uomo. Or chi aveva ragione?

In un romanzo — lasciatemi leggere qualche romanzo in viaggio — la Sand parla di Roma, ed al proposito di San Pietro dice così bene una cosa sì giusta, ch'io non mi posso tenere, con buona pace degli uomini gravi, dal citare quelle parole. « J'ai ouï dire que le mérite de cette grande chose était précisément de ne point revèler sa hauteur et sa vastitude sans l'aide du raisonnement et de la comparaison, et j'avoue n'avoir rien compris à cela. J'ai toujours cru, moi, que l'art consistait à faire beaucoup avec peu de chose, et que la vraie grandeur n'était pas dans les matériaux qu'elle emploit, mais dans l'effet qu'elle produit. Peu m'importe qu'un être ou un objet soit facilement mesurable, si mon oeil ne songe point à le mesurer et si ma pensée se trouve entrainée à le grandir sans mesure. Les temples comme les montagnes n'ont d'imposant que leur proportions relatives, l'harmonie de leurs rapports avec les besoins de notre imagination. Dans les compositions de la nature, comme dans celles de l'homme, il y a des oeuvres de choix qui portent le cachet d'une grande inspiration, d'autres qui ne témoignent que de sa profusion, de sa lassitude, ou de son caprice. » Ma la Sand intende parlare qui dell' arte del risorgimento, non già di quella arte greca innarivabilmente elegante e di quella potente arte romana, che sono le sole classiche davvero, e saran belle sempre, come i versi di Omero e di Virgilio.

Ma se l'esterno della famosa cattedrale di Ulm ha qualcosa di

profondamente triste, quasi di malato, l'interno è tutto sano, tutto pieno di fervida vita, tutto spirante forza, anima, pensiero. Quei gran piloni, che sorreggono le vôlte allegre di luce, quelle navi che si spingono in alto sicure, robuste insieme e leggere, aprono l'animo a tutte le altezze della poesia. Il nostro meraviglioso Duomo di Milano ha disgraziatamente le volte buie, dipinte in isconcio modo con goffissimi intrecci; anche ha quei pesanti capitelli, ricchi di statue, ma troppo alti e troppo sporgenti dal fusto dei pilastroni, sicchè lo sguardo vi trova un intoppo e la linea architettonica una interruzione importuna. Più semplice l'interno del Duomo di Ulm è più vigoroso: vi riempie di una serenità ineffabile, che innalza alla contemplazione dell'ideale. Mentre entravo l'organo, uno dei più grandi organi del mondo, suonava un preludio di Bach. Gli accordi lenti e solenni si ripercuotevano nelle vôlte, senza che l'eco ne alterasse la netta armonia: l'architettura cantava. La chiesa era vuota. La luce che piombava dalle alte finestre si perdeva sul pavimento in un'ombra quieta, che in qualche angolo delle navi diventava scura, quasi nera. Dal colore caldo della terra di Siena bruciata si scendeva via via quasi al cobalto, con qualche campo di tinta neutra carica, qualche velatura di seppia, qualche tocco di bistro. In uno degli angoli più bui, cominciai un po' per volta a discernere un gruppo di persone silenziose. L'organo aveva cessato con una cadenza che ondeggiava in tutta la chiesa e s'andava perdendo, sino a morire in un profondo silenzio. Ricominciò rapido, concitato: era una fuga, di cui le note si ripetevano e s'intrecciavano in mille modi; le imitazioni, i contrappunti, i moti contrarii si confondevano un po' nella sonorità dell'organo e dell'edificio, ma quella stessa lieve confusione facea parere la musica una tenzone d'angeli, una battaglia di santi. L'organo è fatto per le chiese archiacute; la stessa sua forma è archiacuta. Nelle basiliche il suo suono pare troppo vivace, nelle chiese del rinascimento pare troppo grave; alle prime vuolsi la lunga, monotona, solenne armonia del canto fermo corale, alle seconde il brio dei violini, degli strumenti d'ottone, le coronelle ed i gruppetti e le cadenze burbanzose de' tenori e dei baritoni, e il picchiar forte del direttore d'orchestra sul leggìo le battute. Nelle chiese del cinquecento ed in quelle barocche l'organo non può suonare altro che o pezzi d'opera, o la nostra odierna musica da chiesa, più teatrale di quella da teatro; nella cappella Sistina, sotto i muscoli del Buonarroti, il miserere dell'Allegri è un anacronismo estetico.

Quel gruppo di persone che avevo visto, in un buio angolo del Duomo, cominciava a formicolare; s' avvicinavano al coro. Erano inglesi, lunghi, allampanati, le signore con gli abiti alzati a festone, gli uomini con una borsa ed un gran cannocchiale da teatro appesi al fianco, tutti con un ombrello nella mano sinistra ed una guida legata in pelle rossa nella mano destra. Potevano essere una dozzina - non li ho contati. Avevano fatto chiamare dai lor Ciceroni l'organista del Münster, e s'erano procurata la gioia di un concerto improvvisato, del quale per mia buona sorte godei gratis. Quando, nel passare dinanzi a me, mi risvegliarono dal sogno in cui ero piombato, m'avvidi che stavo seduto nell'ultimo degli stalli a destra del coro, e che a lato si alzava la stupenda figuretta in legno della moglie di Giorgio Syrlen. Quegli stalli di legno dovrebbero essere d'oro o di granito, tanto sono preziosi e degni di passare ai più tardi nepoti; ma le sibille, le donne dell'antico e del nuovo Testamento, che stanno nel lato destro, hanno ispirato più altamente l'artista, che non i filosofi pagani, fra i quali il Syrlen ha posto il suo ritratto, e i profeti e gli apostoli, che stanno dal lato opposto. L' opera grandiosa fu cominciata l'anno 1460, finita l'anno 1467. Degno di stare d'accosto a questi stalli è il tabernacolo di pietra di Adamo Krafft, artista maraviglioso, morto pitocco nell'ospedale di Schwabach, al principio del secolo XVI. È alto novanta piedi; pare una lunga fiamma sottile di statuette, di pinnacoli, di trafori, di nicchie, di guglie, che dal pavimento salga in punta quasi fino alle volte. Bello il fonte battesimale: belli i vetri di Hans Wild e di Cramer.

Tre cose sono celebri in Ulm: le sue pipe, i suoi asparagi ed il suo Münster. Non potei profittare delle pipe - non fumo; non potei mangiare gli asparagi — la stagione era passata; dovetti dunque contentarmi di concentrare nel Duomo tutta la mia ammirazione, e di spendere per esso le esclamazioni, che un viaggiatore ha in serbo, dal più al meno, per tutte le città nuove. Ben mi raffreddava un po' la bestiale ammirazione di quegli inglesi, che avevo incontrato in chiesa, e nei quali per maledizione della provvidenza mi tornai a intoppare in tutta la Baviera, ad Augusta, a Norimberga, a Monaco, a Ratisbona, persino al Walhalla. Niente mi agghiaccia quanto gli entusiasmi spropositati, e con un ciuco al fianco, che me la lodasse, vedrei stupida la *scuola d'Atene.*

Questa, per verità, è una digressione dal mio viaggio di tre dì; ma se non pigliassi il volo qua e là con la memoria, non

potrei discorrervi d'altro che de' miei molti e sempre nuovi compagni di viaggio, coi quali non dissi una parola, de' campi che si trapassavano correndo, delle cose mangiate e digerite per via, e delle visioni interrotte e strambe che andavo facendo nelle mezz'ore di sonno.

Da Augusta passai questa volta fermandomi quattro minuti; ma non ho cuore di lasciarla senza dirvene qualcosa, tanto per salvarvi da un crudele disinganno, se mai ci andate. Codesta città, dove Carlo V teneva le diete dell'Impero e dove si stampa oggi l'*Allgemeine Zeitung*; codesta città, dove ebbe luogo la famosa *Confessione d'Augsburg*, dove naquero le tre belle Agnese Bernauer, Filippina Welser e Chiara di Detten, e dove stanno ancora in piedi le case dei Fugger, che il Montaigne descrive con grandi lodi, benchè infranciosi il cognome di quei Rotschild della vecchia Germania, codesta città stava tra i più vivi miei desiderii di viaggiatore, prima di averla veduta. *Augusta Vindelicorum* e Lutero mi frullavano nel cervello. Mi pareva che ci si avesse a trovare più torri merlate, più chiese brune, più archi rampanti, più monumenti gotici, che in qualunque altra città tedesca: era una illusione. Bamberga, Norimberga, Ratisbona, vincono, senza uscir di Baviera, Augusta d'assai, non tanto per i loro grandi monumenti archiacuti, quanto per l'indole antica che hanno serbata, e che la vecchia città libera dell'Impero ha quasi al tutto perduta. V'è in essa non di meno qualche edificio molto notevole: la grande chiesa di Sant'Ulrico, con le sue belle tombe; la Cattedrale, fondata prima del mille, con le sue ventiquattro cappelle, i suoi vetri colorati, de' più antichi che ci sieno rimasti, e le sue porte del primo secolo dopo il mille; la Perlachthurm, torre dell'undecimo secolo; il Perlachsbrunn, fontana assai bella, opera dei due scarpellini di Augusta, Zwitzel e Kreuzerer, e dello scultore Uberto Gerhard, con tritoni, delfini, naiadi, putti, le stagioni, una vasca in marmo bianco di Salzburg e all'alto una statua di Augusto, fondatore della città, alta, credo, 28 piedi e pesante, credo, 27 quintali. C'è una galleria di quadri, che non vale gran cosa; un palazzo di città, ch'è celebre, ma che vale ancor meno. Ne fu architetto Elia Holl, che nel 1616 imitava in Germania lo stile italiano goffamente; e quanto a me, vi confesso, guardo in Germania o all'arte acuta od all'arte contemporanea. Come Sterne volgeva le spalle agli Inglesi che incontrava sul continente, così io torco lo sguardo dalle opere italiane, e più delle imitazioni dell'arte italiana, in cui m'imbatto fuori d'Italia.

Però due cose mi piacquero in Augusta: un alto rilievo di stile tutto tedesco, rappresentante la risurrezione di Lazzaro nella chiesa protestante di Sant'Anna, dove c'è pure un ritratto di Lutero, dipinto da Luca Cranach; ed il *Fuggerei*. Il Fuggerei è una specie di cittaduzza in città. Fu fondato dalla famiglia Fugger, quei Fugger, mercanti d'Augusta, che prestavano a Carlo V durante la guerra di religione, e ad altri principi poi, e di cui la ricchezza era sì proverbiale che son citati da Rabelais nel capitolo ottavo del libro primo del suo *Gargantua*, da Cervantes nel I, II, c. 23, del suo *Don Chisciotte*, e da altri scrittori di quel torno, i quali si dilettavano di mutare l'ortografia del nome: Foulcres, Foucres, Fucar, Fuckart e via via. La cittaduzza ha quattro porte, una chiesetta, un pozzo, sei strade, cinquantatrè case con censei piccoli quartieri, che son dati ai poveri di religione cattolica per due fiorini all'anno soltanto. Dal dì in cui fu fondata questa istituzione benefica, cioè da circa tre secoli, nulla fu mutato: nelle case ho veduto uomini e donne che parevano gente agiata, tutto pulito, tutto lavato, tutto lucente. Le vie senza polvere, deserte, silenziose; nulla ricorda la miseria, eppure quelle casette uguali, schierate in bell'ordine, danno un senso di arcana tristezza, serrano il cuore, quasi come all'entrare in uno spedale od in una prigione. Il monastero ha in sè qualcosa di melanconicamente sereno, massime se gli ampi chiostri sono allegrati dall'arte e dai fiori: quella vita contemplativa ha in sè una certa forza di attrazione, tanto l'uomo si compiace nell'indolenza del corpo e del pensiero. Non v'ha forse uomo d'indole non volgare e di calda fantasia, che non abbia pensato per un istante in sua vita con desiderio vivissimo al chiostro. Oh i bei cortili di Monreale, di San Giovanni in Laterano, di San Paolo di Roma, della Certosa di Pavia! Fuggerei, Fuggerhaus, Fuggerdenkmal.... tutta Augusta è piena di questo nome, fino a diventare noiosa. Il mercante assorbe la città. La principale delle case dei Fugger è tutta dipinta all'esterno con grandi freschi di Ferdinando Wagner, il quale vi restaurò al didentro alcuni vecchi dipinti; ma non ha in sè niente di singolarmente notevole. Fu alzata l'anno 1586 da Giacomo Fugger, quello al quale hanno in questi ultimi anni posto un monumento, modellato dall'Halbig; non può essere quindi il palazzo dove Michele Montaigne vide le due magnifiche sale ch'egli descrive, e dove assistè ad uno splendido ballo. « Après avoir fait une petite pose, ils vont reprendre les dames: il baisent leurs meins, les dames les reçoivent sans baiser les leurs, et puis, leur metant la main sous l'aisselle, les embras-

sent et joignent les joues par le costé, et les dames leur metent la mein droite sur l'espaule: » Al quale periodo l' editore pose il 1774 questa nota: « Telle est encore à-peu-près, à l'exception des baisers, notre *Allemande*, cette danse si modeste et si noble ». Ma il Montaigne vide altre case dei Fugger e ville, di cui ammira le serre, le uccelliere ed i bizzarri giuochi dell'aqua, che, per mezzo di certi tubi sottili e nascosti, *ramplissent les cotillions des dames et leurs cuisses de frecheur.*

Insomma partii da Augusta senza troppo rincrescimento, scordandomi anche di chiedere se la virtù di un loro vescovo antico li salvava tuttavia dai grossi topi come nel decimosesto secolo, e se vendevano tuttavia come allora in presette la terra della sua sepoltura, che, portata in qualunque angolo del globo, spazzava a un tratto il paese dai sorci, non mi ricordo bene per quante miglia all' ingiro.

Norimberga: Norimberga si è tutta medio evo, tutta arte: è la Siena della Germania. Alte mure, afforzate qua e là di torri e di bastioni la serrano in cerchio. Le torri sono di pietra, a corsi orizzontali, formati a rustico bugnato; ve n'ha di quadrate, coperte da tetti acuti, ve n'ha con quattro torricciuole sporgenti all'alto, ve n'ha a semicerchio, ve n'ha a cerchio, di tutte le forme, di tutte le grandezze, snelle e pesanti; è una corona pittoresca e imponente. I ponti del Pegnitz, le case delle vecchie contrade e delle vecchie piazze, presentano pure una tale varietà, spesso un tale disordine di dimensioni e di parti, da rallegrare l'occhio e l'animo dell'artista, ma da far piangere un classico professore accademico. Corsi per prima cosa al Burg, alzato da Corrado II poco dopo il mille, ma rifatto poi; salii l'alta torre cilindrica, la quale si allarga in cima con sei grossi ovoloni di pietra, che portavano i merli e ora portano una chiusura di legno con il tetto conico, dal quale esce un tamburo ottagono pur di legno, coperto alla sua volta da una guglia di tegole acuminata. Nel tamburo sono aperte otto finestrelle da cui si gode sulla città e sul paese una veduta magnifica, che m'è valsa più della planimetria a raccapezzarmi nelle vie tortuose delle due sezioni di San Lorenzo e di San Sibaldo, le quali formano tutta la cerchia murata e son divise dal fiume. Il castello, la torre dei Pagani, opera di modo lombardo, con due cappelle sovrapposte, il pozzo profondissimo, il tiglio piantato — a Norimberga lo giurano — dalla regina Cunegonda, e le pitture vecchie di Scheuffelen e d'altri, mi furono mostrati da una giovinetta bionda, pallida, bella, con due file di denti bianchissimi, l' incesso

da castellana del medio evo, il gesto da imperatrice. Certo, l'abitare in quelle vaste sale, fra quelle antiche torri dev'essere pernicioso alla fantasia; si deve a un po' per volta sognare il passato, e guardare con disprezzo a questa gentuccia contemporanea, sì miseramente vestita, tanto diversa dagli uomini coperti di ferro e dai trovadori leggiadri.

Alberto Durero, Veit Stoss, l'intagliatore nato a Cracovia, Adamo Krafft, Vischer, glorie di Norimberga, si ritrovano per le opere loro assieme in San Lorenzo. È una chiesa cominciata l'anno 1278, finita due secoli dopo; si risente di questo lungo periodo di costruzione. Bellissima, benchè non appartenga al periodo migliore dell'arte acuta, è la parte della facciata, che sta chiusa fra le due torri: all'alto un timpano tutto traforato; più giù un immenso rosone a intrecci geometrici, con una stella in mezzo, da cui partono in giro delle biforette, lascianti fra esse de' cerchii quadrilobati; sopra il rosone dall'una parte la faccia tonda e raggiante del sole, dall'altra quella della luna; al basso una gran porta piena zeppa di sculture, figuranti la vita del Redentore in bassorilievi e statue d' ogni grandezza. Di contro al prospetto della chiesa s'alza una casa del decimoquarto secolo, detta la *Haus Nassau*, poichè vi sta al piede, sopra una fontanella, una statua di Adolfo di Nassau. È singolare e bellissima: ha forma di torre, tre piani, a ciascun piano due finestre rettangolari, quasi quadrate, le più alte divise verticalmente da due cordoni di pietra, tutte con vetri piccoli rotondi. Nel mezzo, fra le finestre del secondo piano, sporge sopra un forte sostegno un balcone chiuso, con tre finestrelle ad arco acuto trilobato nei tre lati del mezzo ottagono, con de' contraffortini sottili agli angoli, con tre bassorilievi di soggetto sacro nei parapetti esterni delle finestrelle, e sugli archi di queste de' timpani, e sui timpani una bella cornice traforata, e sulla cornice un piccolo tetto, e su questo una guglietta bucata anche in archettini e portante la sua piramidetta acuta ornata di foglie arrampicanti. L'edificio ha ne' quattro angoli all'alto quattro torricelle ottagone sporgenti, con finestrini e intrecci elegantissimi, coperte da quattro tetti di tegole piatte, acuti e scuri. Fra le torricelle corre, sopra il fregio ornato con iscudi ed imprese, una fila di sei merli, che ora si dolgono di dovere portare un grave tetto, il quale non erano destinate in origine a tener su. Nello spigolo della casa, che forma l'angolo di due vie, a interrompere la lunga linea verticale, poichè dal basso fino alle torrette superiori non v'è una sola cornice, pose l'avveduto architettore una statuina d'an-

gelo, sorretta da una mensola e coperta da un baldacchino. Questa casa è pur tanto semplice e tanto ricca insieme, tanto solida e tanto elegante. Gli è che l'ornamento non è sparpagliato, come s'usa oggidì, su tutta la superficie dell'edificio, ma concentrato in poche parti soltanto, nel balcone di mezzo e nel coronamento; il resto tutto liscio, senza una foglia, senza una modanatura, lascia vedere le commessure delle pietre e gli archi di scarico, posti sugli architravi delle finestre. E le case di stile archiacuto sono in generale ideate per modo che il lavorìo e la grazia stieno in un solo punto, ora nella porta, ora nella cornice finale, ora in una loggia, ora in una scala esterna, ora in una torre d'angolo, ma più spesso in un balcone, che aggetta su mensole o su pilastri dalla faccia dell'edificio, nel mezzo di esso, da un lato, basso od alto, in cento diversi modi posto e composto.

Uno dei luoghi più notevoli di Norimberga è la piazza del mercato, con vecchie case a frontoni puntuti o a timpani in guisa di alti gradini. V'è il *Schöne Brunnen*, scolpito da Giorgio Ruprecht e Sibaldo Schonhofer tra il 1355 ed il 1361. È un merletto di pietra, tutto pien di figure; lo scarpello ha cesellato. Al basso stanno con i sette Elettori, Ettore, Alessandro, Cesare, Clodoveo, Godefroi de Bouillon, Carlomagno, Davide, Giosuè e Giuda Macabeo: — compagnia strana; più su Mosè coi profeti; e per l'altezza di sessanta piedi contraffortini, archetti rampanti, cuspidi, che so io. Da un lato di questa piazza si alza la chiesa acuta di Santa Maria, goffa nella massa e non bella; ma con un orologio all'alto piano di figurette e di gingilli da far strabiliare i bambini, e con un portico giù pieno di figure e di particolari da far quasi strabiliare gli artisti. Ci sono fra le statue, che popolano dal basso all'alto gli archi e gli angoli di codesto portico, delle figure d'angeli e di donne d'una leggiadria sì cristiana, d'una sì corretta purezza di linee, che l'occhio e l'animo vi rimangono presi. Nell'interno della chiesa si vede una bella scultura di Krafft, l'incoronazione della Madonna, ed un bel quadro di Wohlgemuth, artista nato nel 1434 e morto nel 1519.

Ma in tutte le chiese abbondano le opere insigni. In quella di San Giacomo vi ha un altare, dei bassorilievi e delle statue in legno stupende; in quella di Sant'Egidio una magnifica pala di Van Dyck, dei rilievi di Krafft e di Vischer; nella bellissima cappella di San Maurizio, de' quadri dell'antica scuola tedesca preziosi, una divina Annunciazione di Israele Mekenen, un San Benedetto e San Guglielmo di Kulmbach, un ritratto del cardinale di Borbone del Van Eyck, un San Cristoforo del Burgk-

maier, una Pietà ed un *Ecce Homo* del Durero, il celebre quadro di Cranach — la Donna adultera e Cristo, un altro pure del Cranach, che figura un vecchio in compagnia di graziose giovinette, una Vergine sul trono di Holbein, e via via molt'altri, i quali mi sono oramai sfuggiti dalla memoria. E che cosa dovrei io dirvi del Doumo, di quel maestoso Duomo, che nelle tribune occidentali tocca il decimo secolo, e che al di fuori ha il noto portale detto delle Vergini saggie e delle Vergini matte, una grande scoltura, una colossale croce di bronzo ed un monumento di Adamo Krafft, mentre nell'interno è illuminato dal sole attraverso la *Maximilianfenster* e la *Markgrafenfenster*, e contiene il bellissimo fonte in cui fu battezzato il re Venceslao? Dovrei dirvene troppo; e però piglio il comodo partito di non dirvene nulla. Solo devo accennarvi all' arca del Santo, capolavoro del Vischer. Ci ha messo con i cinque suoi figli tredici anni a farla, ed è opera nelle figure stupenda. È posta in mezzo alla gran nave; consta di un piedestallo su cui si alza l'arca del santo, e di un baldacchino di metallo a pilastri, ad archi, con mille ornati, che chiude e circonda la sepoltura, e che pesa, assicurano, 120 quintali. Giù ai canti stanno sedute le figurine di Sansone, Ercole, Nemrod, e Teseo, e tra esse le quattro Virtù cardinali. Più sù scappano fuori dagli angoli quattro Sirene, portanti con elegante attitudine i candelabri; poi vengono le statue degli Apostoli, severe, e piene di vita, in atteggiamenti varii e semplici e grandiosi: son piccole, paiono colossali. Sopra i dodici pinnacoli piantano i Profeti minori, e all'alto in mezzo ad un ginepraio di torricelle e di gugliettine si vede piccoletto il Bambino Gesù. Dopo quest'arca, in cui all'abilità del Cellini è unito il sentimento di Giotto, non si può guardare il Crocifisso col San Giovanni e la Madonna ai lati, posto sopra l'altar maggiore, opera d'intaglio dura e sgarbata, benchè piena di espressione, di Veit Stoss.

Come Augusta è piena del nome di Fugger, così Norimberga è piena di tre nomi: quello di Alberto Durero, di cui rimane la casa, ed al quale hanno alzata una statua di bronzo, che Rauch modellò; quello del Vischer, e quello del *Gänsemännchen*, l'uomo dalle oche.

Nel cimitero di San Giovanni, dove si vedono più di tremila tombe, alcune belle dell' Heideloff, architetto odierno e autore dell'*A B C dell'architettura gotica*, si trovano, oltre il sepolcro del Durero, quello dello Stoss, di Hans Sachs, di Grubel, di Pirkheimer, di Munzer, tutta gente che vale, senza parlare del Krafft, più, credo, che non l' uomo dalle oche. Eppure, simile al Pa-

squino, all' uomo di Pietra ed al Gobbo di Rialto, l' uomo dalle oche concentra in sè buona parte dello spirito dei Norimberghesi. È un contadino, ben tarchiato, che sotto alle ascelle tiene due grosse oche; da quasi trecent' anni sta piantato sopra una fontana in piazza del mercato, dove lo pose uno scolaro del Vischer, Pancrazio Labenwolf. Ha tutto il tipo non solo dei paesani, ma de' cittadini della vecchia Franconia e della moderna Baviera, poichè que' buoni tedeschi, a giudicarli dai quadri e dalle statue, non sono per il volger dei secoli mutati punto. Pesantotti, grassocci, lenti, ritondetti, serii e sorridenti insieme, serbano al secolo decimonono, nelle loro quiete città e con la lor vita pacifica e famigliare, il borghese del medio evo tedesco. Hanno qualcosa dei ruvidi guerrieri de' Nibelungi, molto del Papataci. La birra è il loro dio domestico. Un dì un buon Bavarese, vedendo il suo principe non so in quale imminente pericolo, con un coraggio da leone, ma senza troppo scomporsi, lo salvò. Il principe allora, dopo averlo abbracciato, gli disse che gli avesse a chiedere tre cose, magari i tre tesori della sua reggia, chè glieli avrebbe per gratitudine dati. Il buon salvatore pensò un poco, poi rispose: Altezza, una botte di birra. Indi, ripensando alcuni minuti: Altezza, un' altra botte di birra. Finalmente, dopo avere meditato a lungo, com' uomo che l' ha trovata, uscì a un tratto: Altezza, e per terzo dono, una terza botte di birra — ma di Baviera, e della buona. La birra è il Dio, ma la pipa è il suo profeta: fumare e bere, ecco il paradiso dei tedeschi. Se vi aggiungete un po' di musica buona, son più felici che gli Dei nell' Olimpo. E con ciò studiano e sanno: dalla birra nacque la Riforma, dalla birra la filosofia, la filologia, la storia, la poesia, tutte le scienze, tutte le lettere, tutte le arti. Goethe e Schiller, Cornelius e Kaulbach, Gervinus ed Hegel, e cent' altri in questo secolo nostro mostrarono o mostrano che la Germania non si adaqua nel nettare suo, non vi si adaqua neanche oggi. Io non giurerei sul serio, in verità, che il merito sia della pipa, nè della birra; ma giurerei per tutti i santi del Paradiso che il nostro sigaro ed il nostro vino non ci danno da parecchi anni a questa parte nè la fantasia, nè la scienza, nè la voglia di studiare e di lavorare. Forse la differenza sta in ciò soltanto: che i popoli della razza Germanica hanno più coscienza che non quelli della razza Latina.

Comunque sia, i contadini ingiro a Norimberga, simili tanto all' uomo dalle oche, sono i più fini intagliatori, che la natura e la tradizione abbiano avviato all' arte. Io vi scrivo con una can-

nuccia di penna comprata tre anni sono a Norimberga in una delle sue molte botteghe di ninnoli. È un bastoncino elegante, con certe foglietline di vite che vi si intrecciano intorno. Alla cima si allarga in una specie di piedistallo, sul quale poggia una figuretta alta tre centimetri e mezzo, ma sì sottilmente lavorata che il naso, gli occhi, la bocca, la barba, i baffi, i capelli, le dita delle mani, tutto è modellato con maravigliosa precision di disegno. È un maestro, con un grosso martello nella mano destra, due scarpelli nella sinistra, il grembiule di cuoio stretto alla cintura, il solito berretto rotondo sul capo. Ma dalla faccia, benchè larga pochi millimetri, s'indovina che non è maestro volgare; e tutta la persona ha nel tozzo delle forme qualcosa di sicuro e di forte. È Vischer, riprodotto tal quale dalla statuetta ch'egli medesimo cesellò e pose al basso in uno dei lati minori della sua arca del Duomo, che vi ho indietro descritta. Mentre io traccio sulla carta questi scarabocchi, la figuretta mi danza davanti agli occhi, e mi dice in suo muto linguaggio: tutto è vanità, persino l'ingegno; eccomi, tre secoli dopo la mia morte, io, autore di tante opere insigni, condannato a riprodurre in aria col mio moto le vanità di un architetto pettegolo.... Depongo con rispetto quasi pauroso questa cannuccia, per pigliarne senza badare un'altra delle tre, che comprai a Norimberga e che mi seguono sempre. La forma è simile alla prima, ma la figuretta all' alto è diversa. È un solenne uomo, con lunga chioma cadente sulle spalle; è tutto coperto da una ampia pelliccia, di cui raccoglie dinanzi con la man sinistra le pieghe, e che, aperta sul petto, lascia vedere un abito a ricami ed il collare rigato. Alberto Duro, il più grande artista della vecchia Germania, danza invece del Vischer. Lo ripongo pure, e piglio con ferma mano la terza cannuccia, su cui pianta l' uomo dalle oche. Con questa, senza rimorsi, vi continuo a scrivere.

Oltre al Durero, al Vischer ed a questa figura grottesca, che si rivedono a Norimberga riprodotti in ogni maniera, nei tagliacarte, sugli albi da fotografie, ne'sigilli, negli scacchi, ne'bastoni, ne'trastulli da bimbi; ve n'hanno molt'altre, che pur escono dalle mani de' pecorai e dei bifolchi. Sono cacciatori col bastone, col fucile, col cane, contadini e contadinelle che portano sul capo vasi e tine, guerrieri e dame, animali e bizzarrie. Le forme graziose, l'esecuzione mirabile, ma i tipi e gli atti son sempre quelli. È un' arte che si perde nella industria, è una fantasia che si perde nella memoria. Quelle opere, fatte a mano, paiono fatte con lo stampo. Eppure, chi potrebbe asserire che per compiere

sì finamente quelle graziose figurette non ci voglia un occhio acuto a cogliere le proporzioni, una mente atta a ritenerle, una mano tanto dilicata da saperle riprodurre appuntino? Chi potrebbe asserire che codesti rustici artefici non sappiano più di molti artisti pettoruti vedere il vero, e non possano insegnare col loro legno grosso come un dito a molti autori di colossi in marmo e di ampii quadri in tela i rapporti del corpo umano e la coscienza dell'arte? Chi potrebbe asserire che fra quei pastorelli ignoranti, stretti ad un breve cerchio e senza vanità nè modo di uscirne, non si possa trovare il germe d'un Giotto o d'un Canova, a cui manchi solo la fecondazione di un Cimabue o d'un Falier?

A Ratisbona il carattere del medio evo non è meno evidente che a Norimberga. Sulla casa dei Dollingher v'è un vecchio fresco che rappresenta il combattimento di uno di quella famiglia col gigante Craco; e se m' avessero detto, mentre io giravo per le contrade della vecchia città, od ero sul ponte del Danubio, lungo 1091 piedi, e dalla testa del quale, verso la *Stadt am Hof*, si vedono schierarsi in pittoresco disordine le case e le torri antiche, se m' avessero detto che nella piazza *Schöne Haide* aveva luogo in quell'ora il torneo contro il gigante Han o quello per la bellissima Agnese Bernaner, sarei corso senza esitare, sicurissimo di trovarvi i combattenti a visiera calata, a cavallo e con la lancia in resta, le gentili dame, i trombetti, i giudici della pugna, ed il popolo affollato. Il palazzo di città è vecchio e bruno: mostrano certe prigioni, certi pozzi nerissimi, dove cacciavano i condannati, dando loro a mangiare da un bucherello della volta; certi strumenti di tortura, che fanno fremere, e non lasciano punto desiderare il buon tempo passato. Sulla cuspide della porta esterna, fra i pinnacoli laterali che rinfiancano un arco acuto, mettono fuori da due finestrelli metà del corpo due uomini di pietra: il primo, col berretto da magistrato, colla destra mano alzata in aria e l'altra serrata sul petto, pare che stia arringando il popolo; il secondo, coll'elmo in capo, con l'alabarda nel pugno, con la cotta di ferro, col volto arcigno, sembra una guardia messa a custodia del palazzo pubblico. Il primo rappresenta la persuasione, il secondo la forza: simboleggiano insieme le condizioni d'un buon governo. Sotto ad essi stanno due scudi, aventi per divisa due grosse chiavi incrociate. Quella porta è semplice ed eloquente.

Una porta assai singolare, benchè appartenente alla barocca decadenza dello stile archiacuto, è quella della cattedrale. Di-

nanzi ad essa sta un portico triangolare, formato da due archi, e coll'angolo sporgente in fuori nel mezzo della facciata. Quest'angolo è un fascio di basse colonnine, che portano molte statue pigiate insieme e coperte da snellissime guglie. Gli archi pure sono pieni zeppi di statue, ed all'alto sulla cornice si vedono certe merlature sottili a foggia di trina. Ma tutto il prospetto, del quale i due campanili son rimasti incompiuti, appartiene a quel periodo fiammeggiante dell'arte archiacuta, in cui alla logica audace subentrarono le aberrazioni fantastiche, alla ricchezza la profusione, al sentimento della grandiosità le affettazioni della grandezza. Migliore, senza confronto, è l'interno ed il coro, che sono anteriori e più organici. Il doppio ordine di immensi finestroni nell'abside, chiusi ne' solidi contrafforti, che rigirano sul poligono e che si svolgono in alto in archi arampicanti e in pinnacoli, ricorda la cattedrale di Colonia. Al didentro vi son de' vetri istoriati, sorprendenti davvero; un monumento in bronzo del Vischer; un monumento eseguito da Luigi Zandomeneghi sul disegno del Canova, roba accademica in quelle navi acute, zuccherina e buttirosa; de' stupendi particolari nel battisterio, ed altre cose che mi ricordo meno. Dietro al coro si vede ancora lo spazio del cimitero soppresso. Le croci sono sparite, ma resta in piedi nel mezzo la lanterna funerale, tutta di pietra, lavorata con minuziosa eleganza di archi acuti e di pinnacolini. Alla antica abbazia, fondata da Teodoro II, ingrandita da Carlo Magno ed ora residenza del principe Taxis, mi trattenni sì breve tempo, che del suo chiostro e de' suoi venerandi ruderi non vi posso dir nulla. V'è sulla facciata della cavallerizza moderna un basso rilievo dello Schwanthaler, il quale in mezzo alle anticaglie dell'abbazia non sembra molle e affettato: ch'è tutto dire. Dinanzi ad una vecchia porta di maniera romanza, o lombarda, che si voglia chiamare, mi trattenni più a lungo. Quel ritrovare di lontano le forme dello stile nostro del medio evo, non imitate, ma naturali e spontanee, contenta l'occhio e riposa lo spirito. Son molti grossi cordoni concentrici e rotondi, posati su colonne arabescate, per modo da formare una profonda rientranza. Nel mezzo cerchio della porta, contornato da una fascia ricchissima di ornati, sta la mezza figura di Cristo, fincheggiata dai busti di due santi; al dinanzi due colonne, sulle quali ricorre la cornice d'impostatura degli archi, portano due mostri. E di mostri, in forma di cocodrilli, draghi, uccelli, leoni, sirene, e di foglie e fiori, e di busti e statue son gremite le muraglie che stanno fra la porta ed i pilastri angolari. Sulla cornice si aprono due ordini di ar-

chetti sfondati, il primo dei quali ha — strana cosa — per colonnine delle figure, le quali poggiano i piedi sulle basi e col capo portano il capitello. Al basso, su quattro piedestalli, stan quattro leoni, che con la bocca spalancata e l'occhio terribile contribuiscono alla maestosa e tetra vista di questa bella porta del duodecimo secolo.

(*Continua*).

CAMILLO BOITO.

SULLE FORMULE EMPIRICHE

PER LE PORTATE DEI FIUMI.

Il calcolare, data una serie di misure dirette, una formula, la quale rappresenti il valore delia portata o del deflusso di un fiume, in una dia località, corrispondente ai vari stati di pelo d'acqua, è uno dei problemi di maggiore interesse pratico che attualmente presenti l'Idraulica fluviale. Queste formule, denominate comunemente empiriche, pel modo impiegato nell'ottenerle, non sono soltanto speciali al fiume pel quale si fecero le misure dirette, ma non ponno, in generale, applicarsi che in prossimità del luogo ove quelle misure furono eseguite. Ciò non diminuisce punto la loro importanza pratica, e sarebbe già gran ventura se pel deflusso dei nostri principali fiumi fossimo in possesso di formule locali od empiriche dedotte da osservazioni accurate e calcolate opportunamente. Ma oltrechè difettiamo di esse, ed il Governo, il quale solo ha in mano i mezzi necessari per eseguirle e più che altri dovrebbe risentire il danno di quella mancanza, sembra non creda debito suo l'occuparsene, i buoni metodi che le matematiche ponno offrire per la loro calcolazione non sono ancora così famigliari agli idraulici da inspirare molta fiducia anche le poche formule sino ad ora ottenute.

Delle due vie che l'analisi matematica presenta al cultore di scienze naturali, vie corrispondenti a quelle che nei trattati di logica sono distinte colle denominazioni di metodo deduttivo e di metodo induttivo, la prima sola ha penetrato nella scuola, sia perchè il metodo deduttivo ebbe per lungo tempo il predominio nello studio delle leggi naturali, sia perchè essa ha costituito prima che l'altra un corpo di dottrina, sia infine perchè più facilmente si prestò ad un tal quale meccanismo di calcolo. Anche oggidì l'istruzione matematica che si dà al futuro ingegnere è tutta per quell'indirizzo; si ammette come indiscutibile che ad

ogni problema pratico corrisponda una nota legge, quindi una equazione finita od infinitesimale, dalla quale debbasi dedurre, per mezzo di speciali teoriche, la soluzione della proposta questione. Ma se, come avviene nel maggior numero dei casi, il problema consiste appunto nel determinare la legge, il giovane ingegnere ignaro di ogni mezzo diretto di induzione si appiglierà a tentativi infruttuosi, e mentre si rammenterà aver abbandonato gli studii universitarii con un grosso bagaglio di teoriche, e di teoremi, non ricorderà avere una sola volta udito che le matematiche offrono il più potente mezzo di induzione alle scienze sperimentali. Ed in questo caso, come in altri consimili, non sarà soltanto il difetto di quelle cognizioni, in una classe di persone per la quale sono tanto necessarie, che noi avremo a deplorare, ma bensì, falsando in parte l' indirizzo degli studii preparatorii, avremo creato un ostacolo al progresso di quelle ricerche tecniche le quali hanno per base la osservazione. Come potrà un ingegnere sentire il bisogno di una serie di osservazioni o di dati sperimentali, se questi non costituiscono per lui che un ammasso di cifre e nulla più? Come potrà prestabilire un piano d'esecuzione per quelle osservazioni, senza conoscere in qual modo potrà servirsi delle medesime nel risolvere una data quistione pratica? Così si andrà perpetuando quella classe di tecnici, i quali, benchè per le posizioni che occupano abbiano stretto dovere di tener dietro, almeno, ai progressi della scienza e dell'arte, pure si intitolano uomini pratici pel solo fatto che non conoscono teorie e le disprezzano. Non è nella presente occasione che intendiamo esporre alcuni fatti a sostegno di questa nostra opinione, ci basta per ora l'averla accennata, e ritorniamo al principale argomento di questo lavoro.

La prima formula empirica pel deflusso di un fiume è dovuta al nostro Lombardini. Questo egregio idraulico, che ad una vasta erudizione accoppia un criterio finissimo ed un giudizio sicuro, ebbe la felice idea nel bel lavoro intitolato: — Stato idrografico naturale ed artificiale della Lombardia — pubblicato nelle *Notizie naturali e civili su la Lombardia*, di servirsi dei risultati di alcune osservazioni eseguite dal Bonati e dagli allievi della scuola degli Ingegneri di Roma sul Po, per calcolare una formula che rappresenta il deflusso di quel fiume. « Questa formula, così si esprime « il Lombardini, fu desunta da quella generale pel moto equa- « bile dell' acqua negli alvei;

$$Q = m\, l a^{\frac{3}{2}} \sqrt{i}$$

« semplificata coll'esclusione dei termini meno influenti nelle « pratiche applicazioni; nella quale Q rappresenta la portata, m un « coefficiente costante, l la larghezza della sezione, a l'altezza media « dell'acqua sul fondo, i la pendenza. Preso per unità di misura « il metro, e di tempo il secondo, le costanti della formula pre- « cedente si sono determinate in base ai quattro esperimenti ese- « guiti per la misura della portata del Po; e se ne ebbe:

$$Q = 767\, a^{\frac{3}{2}} \sqrt{0,115 - 0,00069\, a^2}. \text{ »}$$

A questa espressione daremo per maggiore semplicità la forma:

$$(1) \qquad Q = \beta\, a^{\frac{3}{2}} \sqrt{1 - \gamma a^2}$$

la quale contiene soltanto le due costanti β, γ, di cui i valori sono:

$$\beta = 260,1 \quad ; \quad \gamma = 0,006.$$

Osservando la relazione (1) si presentano spontanee alcune riflessioni ed obbiezioni. Il valore di Q risultando dal prodotto di due fattori, dei quali l'uno aumenta, l'altro diminuisce di valore aumentando il valore di a, evidentemente il valore di Q andrà dapprima aumentando colla a, poi diminuendo sinchè riducesi eguale a zero allorquando è nullo il binomio $1 - \gamma a^2$. Se il valore di a che corrisponde al massimo valore di Q, o quello che annulla il binomio suddetto, e quindi i numeri compresi fra essi, sono valori possibili in natura per l'altezza media dell'acqua sul fondo, quella formula non potrà usarsi che entro certi limiti.

Ora essendo:

$$\frac{dQ}{da} = \frac{1}{2} \beta \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{1-\gamma a^2}} \left[3 (1 - \gamma a^2) - 2 \gamma a^2 \right]$$

il valore di a che rende massimo Q si avrà eguagliando a zero quest' ultima espressione, cioè dalla:

$$3 - 5\gamma a^2 = 0.$$

Questa dà:

$$a^2 = \frac{3}{5\gamma} = \frac{3}{0,03} = 100$$

per cui $a = 10$ ed il massimo valore di Q sarebbe di m^i. c.^{i} 5198. Il valore di a che annulla il binomio $1 - \gamma a^2$, essendo $a = 12,91$ ne risulta che il valore di Q dato dalla formula (1) per valori di a inferiori a dieci metri aumenta aumentando a; per valori di a compresi fra m^i. 10 e m^i. 12, 91 diminuisce aumentando a; e per valori di a superiori ai m^i. 12,91 diventerebbe immaginario, risultando negativa la quantità sotto il segno radicale.

Il Lombardini, nella memoria citata, ha calcolato per mezzo della sua formula una tavola da lui denominata — Scala dei deflussi del Po — nella quale a valori di a scritti in una colonna e progressivi di decimetro in decimetro, corrispondono in una seconda colonna le rispettive portate. I valori di a sono compresi in questa scala fra m^i. 0, 80 e m^i. 9, 50, e quindi entro limiti pei quali la formula non dà luogo ad alcuna singolarità di massimo o di minimo. E siccome nella massima piena del 1839 il valore di a non oltrepassò i m^i. 9, 50, la formula del Lombardini non presenterebbe da questo lato alcuna obbiezione.

Se con δQ si indica la differenza fra due portate, corrispondente ad una differenza δa fra le relative altezze, dalla formula (1) si ha:

$$\delta Q = \frac{1}{2} \beta \, \delta a \, . \, \frac{(3 - 5\gamma a^2)\sqrt{a}}{\sqrt{1 - \gamma a^2}}$$

ed essendo nella scala dei deflussi succitata $\delta a = 0, 1$ sarà:

$$\delta Q = 0, 05 \, \beta \, \frac{(3 - 5\gamma a^2)\sqrt{a}}{\sqrt{1 - \gamma a^2}}.$$

Ora il valore di a che rende massimo δQ si ottiene differenziando l'espressione superiore rispetto ad a ed eguagliando a zero il risultato, si avrà cioè dalla equazione:

$$3 - 22\,\gamma\,a^2 + 15\,\gamma^2\,a^4 = 0\,.$$

Questa dà per a i due valori:

$$a = 14,80 \quad ; \quad a = 5,04.$$

il primo dei quali deve evidentemente essere scartato rendendo δQ immaginario; e pel secondo si ha assai prossimamente

$$\delta Q = \text{m.}^{\text{i}}\ \text{c.}^{\text{i}}\ 71.$$

Ne risulta che per la formula del Lombardini la differenza fra due portate consecutive corrispondenti a differenze costanti fra le altezze vanno aumentando finchè l'altezza raggiunge il limite di m.i 5,04; quindi vanno decrescendo, essendo la massima differenza di m.i c.i 71. Questo risultamento, al quale giunsero lo stesso Lombardini ed il Possenti considerando la citata scala dei deflussi, trovandosi in contraddizione col fatto, fece nascere il sospetto che in una delle misure del Bonati, la quale corrispondendo ad un valore di a superiore a m. 5,04 non era punto conciliabile con una scala a differenze crescenti, fosse incorso qualche errore. Crediamo opportuno a questo proposito rammentare qui le obbjezioni che il Lombardini faceva ai proprii risultati in una Consulta del 20 luglio 1852 fatta alla Direzione delle Pubbliche Costruzioni e pubblicate nella sua nota: *Sulle piene dei fiumi di Lombardia, avvenute dal* 31 *ottobre al* 2 *novembre* 1855, nell'anno 1855. « In quanto al Po le tre misure praticate a Pon-« telagoscuro dal Bonati e dagli allievi della scuola pontificia ne-« gli anni 1811, 1812 e 1820, delle quali si sono dati i più di-« stinti ragguagli, inspirano tutta la confidenza. Esse servono « però soltanto per lo stato di magra ordinaria, di acque medie, « di acque alte o tonde, alla rispettiva misura di m. 3,83; 3,00; « 2,33 sotto guardia. Ma altrettanto non può dirsi per la quarta

« misura eseguita dallo stesso Bonati l'anno 1815 in una piena « di m. 1,84 sopra guardia. Consultando la scala idrometrica co- « strutta dal sottoscritto coi dati delle preaccennate misure, ve- « drebbesi convergere la serie dei deflussi da $+ 0^m,90$? in su, « lo che sembra inverisimile malgrado lo scemare che fa la pen- « denza in quella località mano mano che si alzano le acque.... « Qualora si praticasse ivi un' altra esatta misura in prossimità « della guardia, potrebbesi rettificare la scala sopra dati mag- « giormente sicuri ».

Mosso da analoghe considerazioni l'Ing. Possenti nel suo interessante lavoro — *Sulla possibilità di migliorare le condizioni degli ultimi tronchi nei fiumi sboccanti in mare, applicata alla tratta di Po compresa fra il Panaro e le foci* — ritornò sulle calcolazioni eseguite dal Bonati, sui risultati ottenuti colle tre osservazioni citate, ed ottenne per le portate numeri alquanto differenti da quelli che servirono al Lombardini nella calcolazione della sua formola. Il Possenti dà, nella memoria citata, la seguente tabella:

Esperienza	Valore di a	Valore di Q
1.ª Bonati.	m 2, 67	m.ⁱ c.ⁱ 1368, 70
2.ª idem.	3, 82	» 2073, 39
Allievi Scuola di Roma	4, 11	» 2176, 04
3.ª Bonati.	8, 34	» 5291, 96

e prendendo come punto di partenza questi risultamenti ha costrutto una nuova scala di deflussi del Po, colla condizione che le differenze prime delle portate fossero continuamente crescenti e le differenze seconde costanti ed = M.ⁱ C.ⁱ 0,5. Posto:

$$Q = \varphi(a)$$

e quindi:

$$\delta\, Q = \varphi'(a)\, \delta\, a = 0,1\, \varphi'(a); \quad \delta^2\, Q = 0,01\, \varphi''(a)$$

essendo $\delta^2\, Q = 0,5$ si ha:

$$\varphi''(a) = 50$$

dalla quale integrando si ottiene:

$$\varphi(a) = 25\, a^2 + B\, a + C$$

essendo B, C due costanti a determinarsi.

La condizione posta dal Possenti equivale quindi al supporre che la portata sia rappresentabile in funzione dell'altezza a mediante la espressione:

$$Q = 25\, a^2 + B\, a + C$$

ed a determinare le costanti B, C col mezzo delle quattro osservazioni.

Prima di passare alla determinazione delle B, C diremo di una objezione fatta alla formula del Lombardini in una nota inserita dall'Ispettore Ing. Scottini nelle sue — *Memorie idrauliche premesse ai progetti per la regolazione delle acque delle provincie sulla destra del basso-Po.* — L'Ing. Scottini osserva che la larghezza l contenuta nella formula generale pel moto equabile dell'acqua negli alvei:

$$Q = m\, l\, a^{\frac{3}{2}} \sqrt{i}$$

non rimane costante, ma varia e cresce all'aumentare dell'altezza viva a, sicchè detta L la larghezza di letto del fiume ed n la

sommata larghezza delle due sponde sull'unità di altezza, si ha evidentemente $l = L + n\,a$, e sostituendo:

$$Q = m\,L\,a^{\frac{3}{2}}\left(1 + \frac{n}{L}\,a\right)\sqrt{i}\ ;$$

ossia ponendo $m\,L\sqrt{i}$, supposto costante rispetto ad a, eguale a b, ed $\frac{n}{L} = c$;

$$Q = b\,.\,a^{\frac{3}{2}}(1 + c\,a)\,.$$

« Confrontando questa formula colla analoga del Lombardini, « scrive l'Ing. Scottini, ci accade di ossservare che il fattore « della $b\,.\,a^{\frac{3}{2}}$ non può essere un radicale, ed il coefficiente c « vuole essere positivo e non negativo, applicato alle semplici al- « tezze vive, non ai quadrati di queste.

A dir vero in questa obbiezione si presuppone che il Lombardini abbia ritenuto costante la pendenza al variare del pelo d'acqua, locchè sembra contraddetto dal brano che abbiamo riportato della Consulta citata più sopra. Se ciò non è, noi possiamo facilmente determinare per i una funzione di a, per la quale le due formule si fanno coincidere. Infatti, posto $m\,L = \beta$ ed:

$$i = \frac{1 - c\,a}{1 + c\,a}$$

si avrebbe, sostituendo questo valore nella formula dello Scottini

$$Q = \beta\,a^{\frac{3}{2}}\sqrt{1 - c^2 a^2}$$

la quale coincide colla formula del Lombardini ponendo $c^2 = \gamma$. Si noti che questo valore di i scema aumentando il valore di a, ciò che non si verifica d'ordinario in natura, ma corrisponderebbe al fatto notato dal Lombardini, per quella località, nella Consulta più volte citata.

(Continua).

Prof. F. Brioschi.

RIVISTA SCIENTIFICA

Nuovi Elettromotori fondati sul principio delle induzioni elettrostatiche ed elettromagnetiche.

Macchina di Holz (*Poggendorf's Annal...* Tom. XXVI oct. 1865. — *Annales de chimie et physique*, juin 1866. — *Archives des. sc. phys.* Tom. XXV, 1866). — Macchina di Toepler (*Poggendorf's Annalen* Tom. XXV aout 1865). — *Annales de chimie et phys.* juillet 1866). — Macchina di Bertsch. (*Compt. Rend. de l'Acad. des sciences.* Nov. 1866. — *Annales du genie civil.* Dec. 1866.) — Macchina di Wilde (*Proceedings of the R. Society of London.* Avr. 1867. — *Figuier, l'annee scientifique et idustrielle*, 1867).

A. **Induzioni elettrostatiche.**

Ponendo attenzione alla storia delle scienze e sopratutto a quella delle scienze fisiche, si avvertono spesso delle sospensioni nell'indirizzo di alcune ricerche cagionate da un nuovo indirizzo che eccita straordinaria attività di indagini e di studj per la fecondità delle applicazioni che offre; quindi, côlta ricca messe sul nuovo campo di ricerche, un ritorno delle menti a coltivare e fecondare l'applicazione di quei principii che nella loro importanza relativa erano da qualche tempo lasciati in seconda linea. Tale fatto si offre oggidì in relazione allo studio dell'elettricità per ottenerne degli elettromotori. Gli studj sull'induzione elettrostatica originati da Wilke, da Epino, continuati da Coulomb, da Poisson e da Volta avevano condotto colle loro applicazioni al duplicatore ed all'elettroforo; quando l'attenzione dei fisici fu quasi interamente assorbita dai sorpredenti fenomeni dell'elettricità voltaica e delle induzioni elettromagnetiche ed elettrodinamiche. Il famoso apparecchio di Rumkorf approfitta di queste induzioni per ottenere coll'elettricità voltaica tutti i fenomeni dell'elettricità statica. In questi ultimi tempi fu rivolto reciprocamente lo studio ad ottenere una forza elettromotrice e quindi il moto dell'elettricità entro circuiti, approfittando della induzione elettrostatica.

A tutti è noto l'elettroforo di Volta; non così il duplicatore che passó quasi inosservato nei più recenti trattati di fisica. Nondimeno il principio su cui esso è fondato, al pari di quello analogo su cui è fondato l'elettroforo, sono il punto di partenza per arrivare al concetto dei nuovi elettromotori. Ci sia quindi permesso il premettere qualche cenno di ricordo.

Il *duplicatore* è una macchinetta per cui una piccolissima carica data originariamente ad uno dei suoi pezzi, viene con opportuno movimento e per effetto delle induzioni elettrostatiche ingrandita e resa sensibile. Da un articolo di Desormes et Hachette, pubblicato nel tomo 49, anno XII degli *Annales de chimie et physique* rilevasi che il primo duplicatore è stato inventato da Bennet. La descrizione di questo istromento si trova in un opera inglese stampata a Derby nel 1789 sotto il titolo: *New experiments on electricity.* Il duplicatore di Bennet, perfezionato da Darwin e da Nicholson, fissò poco sulle prime l'attenzione dei fisici. Si cominciò a porvi mente nel 1794 quando il Signor John Read pubblicò nella parte II delle transazioni di Londra una sua memoria intitolata: *Esperimenti ed osservazioni sul duplicatore della elettricità nell'intento di determinare l'utilità di questo istromento per cercare l'elettricità dell'aria atmosferica in diversi gradi di purezza.* Questa memoria venne tradotta e pubblicata nei volumi II e III della Biblioteca Britannica, *Sciences et arts* 1796, e negli *Annales de chimie et physique* dello stesso anno. Il duplicatore di Read venne in seguito perfezionato da Desormes et Hachette e la descrizione che essi ne diedero può leggersi nella loro memoria superiormente citata. Finalmente il Belli nel tom. III del suo trattato di fisica descrive pure un suo duplicatore che è una modificazione ed un perfezionamento dei precedenti.

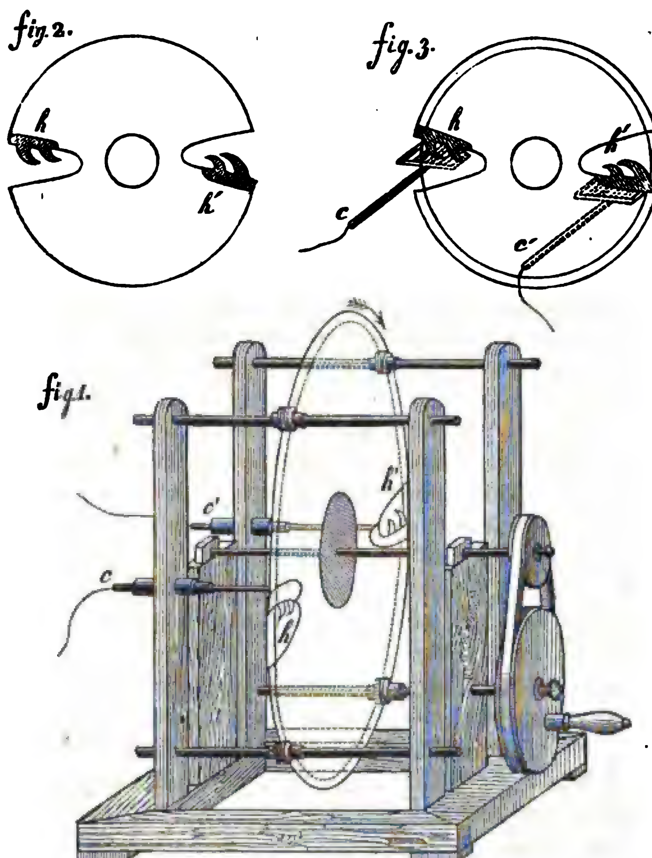
Sì l'elettroforo che il duplicatore sono fondati sul principio delle induzioni, ma le loro azioni nel caricarsi di elettricità e nel poter trasmetterla attraverso un circuito sono necessariamente intermittenti. Si è cercato ultimamente di ottenere, approfittando delle induzioni elettrostatiche, e mediante una piccola carica iniziale ad una parte dell'istromento, uno sviluppo ed una trasmissione continua di elettricità. È a ciò che tendono le nuove macchine di Holtz, di Toepler, di Bertsch a cui vorremmo aggiungere un nuovo concetto di macchina analoga ideato dal professore Brusotti di Pavia, gentilmente comunicatoci sul disegno; ma il non avere questa subìta ancora la sanzione dell'esperienza, essendo attualmente in costruzione, ci impone il dovere di attendere a farla conoscere.

I due fisici tedeschi Holtz di Berlino e Toepler di Riga si incontrarono l'anno scorso nel costruire le loro macchine basate sul principio delle induzioni elettrostatiche. Toepler pubblicò la descrizione del suo apparecchio nella sua memoria dell' agosto 1865 negli annali di Poggendorf, ed Holtz pubblicò la sua memoria solo nell'ottobre successivo negli stessi annali. Da una nota di Poggendorf stesso però risulterebbe che egli aveva data communicazione della macchina di Holtz alla R. Accademia delle scienze di Berlino nell'aprile 1865 e tale comunicazione si trova in una nota inscritta nei rendiconti di essa Accademia. La prima notizia dell'apparato di Toepler però fu data nella gazzetta di Riga del 7 gennaio 1865, come trovasi annunciato da lui in altra sua memoria inserita negli annali di Poggendorf (marzo 1866).

La priorità dell'idea nel nuovo indirizzo per la costruzione di queste macchine resterebbe adunque assicurata al Toepler. Con tutto ciò descriveremo qui prima la macchina di Holtz, come quella la cui cognizione venne più presto diffusa per le pubblicazioni degli *Annales de chimie et physique* e degli *Archives di Ginevra.*

Macchina di Holtz.

Essa è rappresentata nelle fig. 1, 2, 3. — Si compone principalmente di due dischi di vetro l'uno fisso, l'altro mobile. Il disco fisso è forato al centro per offrire passaggio all'asse che porta il disco mobile e presenta due incavi *h, h'* intagliati simmetricamente alla estremità d'uno stesso diametro come è figurato nella fig. 2. Questi incavi portano l' uno al bordo inferiore l'altro al bordo superiore un' armatura costituita da una lista di carta con una o più linguette sporgenti nell'incavo. Il disco mobile è portato da un'asse d'acciaio a cui si può imprimere un moto di rotazione rapido mediante un trasmissione a funi continue o coreggie. Esso dista pochissimo dal fisso, e dietro lui sono disposti orizzontalmente due conduttori *C, C'* che portano alle loro estremità dei pettini metallici affacciati alle armature che sono sul disco fisso.



Nell' apparecchio costruito da Holtz vi hanno le seguenti dimensioni.

Diametro del disco mobile	0,^{m} 395
» fisso	0, 447
Distanza de' due dischi.	3^{mil}. 3
Velocità di rotazione	12 a 15 giri. al 1"
Altezza dell'incavo	0^{m} 10
Larghezza dell'incavo.	0^{m} 10

Per attivare l'apparecchio è mestieri innanzi tutto elettrizzare una delle armature (h), mentre i due conduttori comunicano

fra di loro, o col suolo, ed il disco è mosso rapidamente nel verso della freccia. L'altra armatura si trova ben presto elettrizzata oppostamente per giuoco dell'apparecchio; le due cariche acquistano in breve una carica che si mantiene costante finchè dura costante la velocità di rotazione del disco mobile. Contemporaneamente avviene una trasmissione di elettricità, ossia si produce una corrente nel circuito che congiunge i due conduttori, quando si mettono fra loro in comunicazione. Ciascuno d'essi prende uno stato elettrico omologo a quello dell'armatura a cui è affacciato.

Prima d'avvertire gli effetti che si possono ottenere con questa macchina, vediamo di comprendere brevemente il suo modo di agire.

Holtz ne diede una teoria nella sua memoria pubblicata negli *Annali di Poggendorf*, che fu riprodotta negli estratti che si fecero di quella memoria negli *Annales de chimie*, e negli *Archives*. Ma questa teoria non lascia di offrire dei dubbi rispetto al modo di svolgersi e distribuirsi gli stati elettrici in questa macchina. Lo stesso Holtz si propone ulteriori ricerche per chiarire i punti dubbiosi. D'altronde essendo qui in presenza degli strati dielettrici, dischi di vetro e strato d'aria, ci troviamo di fronte, nella spiegazione del fenomeno complesso della macchina di Holtz, alle divergenze di opinioni sulle leggi dell'induzione elettrostatica professate da Coulomb e Poisson da una parte, Melloni e Volpicelli dall'altra, ed a quella fra le opinioni sull'influenza dei dielettrici professate da Faraday e da Riess.

Forse l'ultima parola non è ancor detta fra queste opinioni diverse; nè ancora è ben definito il modo di conversione della elettricità in lavoro e di questo in quella. Volendo quindi offrire fin d'ora una teoria completa del moto della elettricità nella macchina di Holtz, potrebbe questa col tempo essere modificata.

Il fenomeno osservato la prima volta dai gesuiti di Pechino nel 1755 e riferito da Epino nei *novi Commentarii* dell' Accademia imperiale di Pietroburgo (t. VII, 1758-1759) vale a dar ragione sperimentale di ciò che avviene nella macchina di Holtz, senza ricorrere ad una teoria generale di essa.

Questo fatto si riduce all' influenza esercitata da una lamina di vetro eletrizzato sopra altra lamina di vetro, la quale assumeva perciò uno stato elettrico opposto nella superficie affacciata, ed omologo nell' altra superficie; alla dissimulazione di questi stati elettrici finchè le due lastre erano in presenza ed alla rivelazione degli stati elettrici liberi nella lamina di vetro influenzata sottratta all'influenza.

A mio avviso è precisamente un fatto di questa natura che avviene nella macchina di Holtz.

Sia *h* elettrizzato negativamente. Le parti del disco mobile che passano davanti ad *h*, influenzate, prendono nella superficie opposta a quella affacciata uno stato elettrico positivo. Questo alla sua volta influenza le parti del disco fisso dinanzi alle quali passano quelle del disco mobile e lo stato elettrico di questo rimane dissimulato.

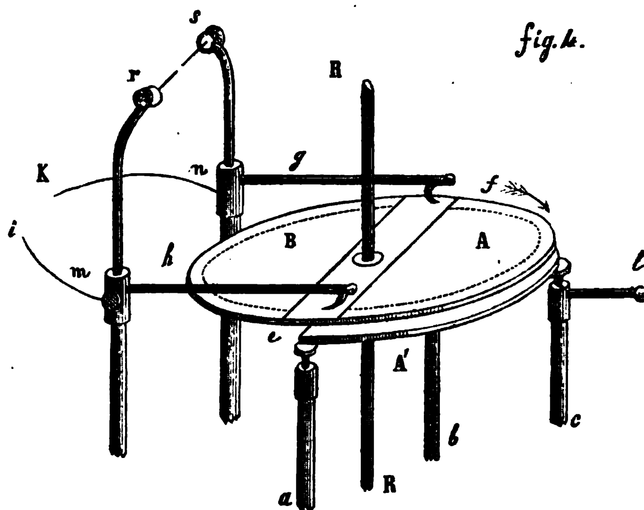
La causa che mantiene questo stato elettrico dissimulato cessa per ogni parte del disco mobile che si affaccia all' incavo *h'*. Perciò lo stato elettrico positivo delle superficie posteriori delle parti del disco mobile di mano in mano che queste si affacciano all' incavo, si rende libero, si rivela in tensione e tende a trasmettersi per conducibilità per l' intervento del conduttore *C'*. Lo stato elettrico negativo della superficie delle parti anteriori, del disco mobile reso pure libero di fronte all' incavo *h'*, induce uno stato elettrico positivo nell'armatura applicata ad esso. Per tal guisa lo stato elettrico negativo comunicato ad una armatura determina lo stato elettrico positivo nell'altra per effetto solo dell'andamento dell' apparecchio.

Reciprocamente ed in egual modo lo stato elettrico positivo di questa induce successivamente un incremento di intensità nello stato elettrico opposto dell' altra. Per tal guisa le due armature acquistano in breve una carica opposta che si mantiene costante, come si disse, finchè è costante la velocità del disco mobile, e la cui intensità rappresenta lo stato di equilibrio dinamico fra la causa inducente gli stati elettrici e la risultante delle cause che tendono a disperderli. Quando i due conduttori *C*, *C'* siano in comunicazione continua, allora si farà in essi una trasmissione di stato elettrico positivo dal conduttore *C'* al conduttore *C* esternamente al disco mobile.

Elettromotore di Toepler.

Questo elettromotore è basato sullo stesso principio di quello di Holtz, ma le disposizioni dei due apparecchi sono sensibilmente diverse.

Esso è rappresentato nella figura 4.ª sotto la sua forma più



semplice. *A B* è un disco di vetro fisso ad angolo retto sopra un asse di vetro *R R*. Quest'asse disposto verticalmente gira sopra due punte di acciajo ed è quindi suscettibile d'un moto di rotazione rapidissimo. Sulla superficie inferiore di questo disco sono applicate due armature di stagnola foggiate a segmenti che lasciano una zona intermedia. La faccia superiore di esso disco, porta sui lembi due liste anulari di stagnola che sono in comunicazione coi segmenti sottoposti. Due conduttori isolati *g* ed *h* portano alle loro estremità delle molette tenui *e*, *f* che durante il moto di rotazione sfregano il lembo del disco.

Sotto il disco mobile si trova sopra un sostegno isolante (*a b c*) il piatto metallico *A'*, che può essere sollevato od abbassato medianti viti.

L'appendice *l* serve all'evenienza per mettere in comunicazione il piatto fisso col suolo, o con una fonte di elettricità.

Ecco in qual modo funzioni questo apparecchio. Suppongasi posto *A'* in comunicazione con una fonte di elettricità a debole tensione, per esempio col polo negativo d'una pila di Zamboni, e che i conduttori *g*, *h* comunichino colla terra. Pongasi in moto il disco girevole in guisa che il segmento *A* si presenti primamente al conduttore *h*. Tutte le volte che un segmento sarà condotto a sovrapporre successivamente le sue parti ad *A'*, essendo per l'intermediario della zona anulare che gli corrisponde

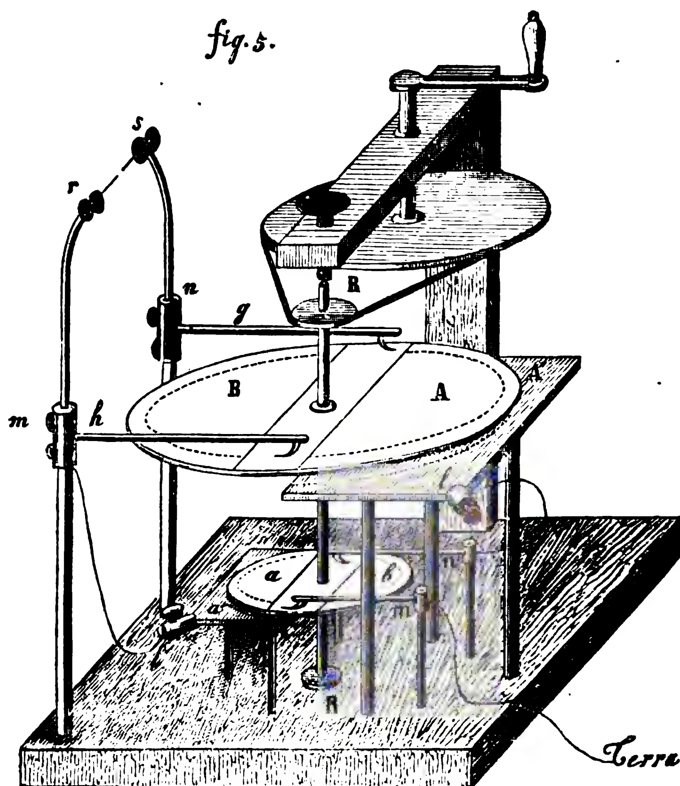
e del conduttore *g* in comunicazione colla terra, queste si caricheranno d'elettricità positiva, che rimane dissimulata per l'influenza dello stato elettrico negativo del piatto *A'*. Di mano in mano che lo stesso segmento, abbandonando la molla *f*, viene a contatto colla molla *e*, le sue parti sono successivamente sottratte all'influenza del piatto *A'*; allora lo stato elettrico positivo di esso tende a trasmettersi per conducibilità col mezzo del conduttore *h*. Se i due conduttori invece di comunicare col suolo sono isolati, allora *g* si costituisce in stato elettrico negativo ed *h* in stato elettrico positivo. Ma se i due conduttori siano messi in comunicazione fra loro, allora avviene fra l'uno e l'altro, attraverso il circuito congiungente, una circolazione di elettricità.

Quando si voglia disgiungere gli estremi *i* e *k* dei fili *m i*, *n k* onde ottenere il salto delle scintille è chiaro che la tensione del conduttore *h* non può elevarsi molto, altrimenti stante la condizione della prossimità fra il segmento mobile ed il piatto fisso e dell'opposto loro stato elettrico, avverrebbe la scarica fra loro. Ad ovviare tale inconveniente Toepler sostituì al piatto metallico un piatto di vetro coperto di stagnola alla parte inferiore, ed applicò uno strato di vernice su tutta la superficie del disco girevole. È chiaro che questo insieme di parti offre un sistema complesso di induzioni che può allungare il tempo necessario a costituire la carica dei due conduttori; pure queste precauzioni non sono pienamente efficaci per consentire un sensibile aumento nella intensità della carica stessa.

Difatti Toepler osservò che la superficie metallica è imperfettamente protetta dal vetro e che su di essa piove dai segmenti mobili una pioggia di scintille per cui l'armatura *A'*, perde rapidamente il suo stato elettrico. Egli cercò di ovviare a tale inconveniente ponendo alla parte superiore dei conduttori delle viti *r*, *s* che si potessero disporre cogli estremi a tale distanza da costituirsi la scintillazione fra essi e prevenire così le scariche fra l'armatura *A'*, ed i segmenti mobili. Questo espediente però, se ripara all'inconveniente della neutralizzazione dell'armatura *A'* non è tale da consentire un aumento di tensione nei conduttori, oltre il limite a cui avviene la scintillazione fra le viti. Ma anche limitando la tensione ed ovviando per ciò alle scariche fra i segmenti girevoli e l'armatura fissa, la carica di questa non può mantenersi perchè non è restituita dal funzionare dell'apparecchio e quindi rimane soggetta a tutte le cause di disperdimento.

Rigeneratore di Toepler.

Per ovviare all'inconveniente sopra accennato Toepler riunì insieme due apparecchi simili di dimensioni diverse. Tale sistema venne da lui denominato *rigeneratore*. Esso è figurato nella figura 5.



I due dischi girevoli (A, B), (a, b), sono fissi sullo stesso albero R R: ed i piatti. A', a' sono disposti sotto di essi, come in ciascun elettromotore semplice. h, g rappresentano i conduttori che servono a caricare e scaricare i segmenti mobili A, B; m', n' quelli che servono parimenti a scaricare i segmenti mobili a, b. Il conduttore n' comunica col piatto fisso A'; il conduttore h col piatto fisso a'. Il conduttore m' può essere messo in comunicazione col suolo. Ecco il modo di funzionare di questo apparecchio.

Supponiamo che una piccola carica di elettricità negativa sia stata comunicata al piatto *A'*. Il conduttore *h* si caricherà di elettricità positiva; se non avvenga scarica fra i conduttori *h* e *g*, una parte dello stato elettrico positivo di *h* si trasmetterà per conducibilità al piatto *a'*.

Sotto l'influenza di questo stato elettrico positivo il disco girevole *a b* trasmetterà per l'intermediario del conduttore *m'* il suo stato elettrico positivo al suolo, costituendosi in stato elettrico negativo dissimulato le parti sovrapposte al piatto *a'*. Di mano in mano poi che queste parti si tolgono all'affacciamento col piatto, trasmetteranno per l'intermediario del conduttore *n'* questo stato elettrico negativo al piatto fisso *A'*. La intensità di questo stato elettrico andrà dunque aumentando finchè le perdite inevitabili dell'apparecchio facciano equilibrio all'accrescimento.

È evidente però che questa rigenerazione dello stato elettrico del piatto *A'* non consente la trasmissione continua degli stati elettrici fra i conduttori *h*, *g*. Difatti perchè essa avvenga è necessario che il conduttore *h* si mantenga in istato di tensione. Se non vi fosse soluzione di continuità fra *h* e *g*, allora il disco superiore costituirebbe un sistema a parte che non tenderebbe per sè a variare lo stato elettrico di *a'*, mentre a ciascuna semicircolazione i segmenti *a* e *b* si costituirebbero in stato elettrico omologo ad *A'* a spese dell'intensità dello stato elettrico di questo.

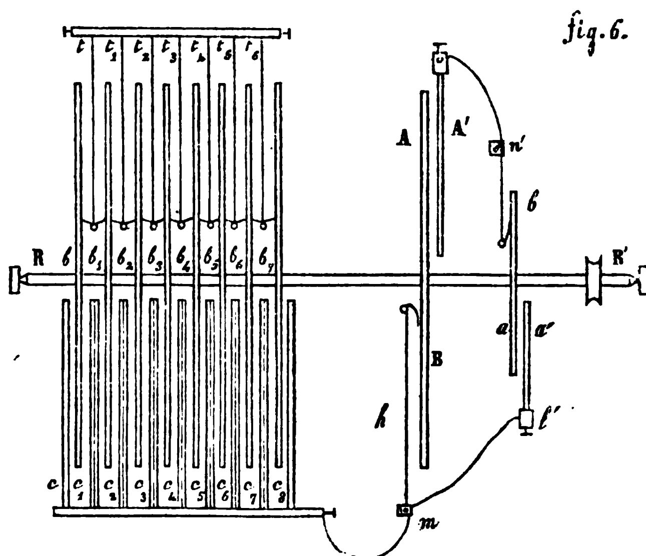
Se invece la soluzione di continuità sussista, allora comunque possa stabilirsi una corrente di scintille fra i due conduttori, pure il rigeneratore continua a funzionare perchè l'armatura *a'* non riesce mai affatto scarica. Nella costruzione di questo apparecchio si dà al disco girevole *a b* una piccola precessione sul disco *A B* in guisa che il segmento *a* abbandoni la molla *m'* un istante prima che il segmento *B* abbandoni la molla *n'*. Risulta da ciò che se in seguito ad una scintilla prodottasi al momento in cui *B* sfugge alla molla *e*, il disco fisso *a'* perde l'elettricità libera anteriormente comunicata ad esso, non possa egualmente per l'intermediario del conduttore *m'* disperdersi nel suolo l' elettricità dissimulata in *a*.

Per ottenere una corrente continua Toepler combina un apparecchio semplice (fig. 4) con un rigeneratore (fig. 5). Sarà facile comprendere il giuoco del sistema quando si avverta che nell'apparecchio semplice il piatto *A'* ha d'uopo di essere rifornito di elettricità, e che nel rigeneratore occorre che la trasmissione fra i conduttori *h* e *g* sia discontinua.

Perciò quando i conduttori *h* e *g* del rigeneratore siano isolati, *h* può essere considerato come una fonte continua di elet-

tricità, atto quindi a rifornire di elettricità il piatto A' dell'apparecchio semplice. Per tal guisa essendo il piatto fisso di questo apparecchio costantemente elettrizzato, l'apparecchio stesso può fornire una corrente permanente in un circuito completamente chiuso. È appena necessario di avvertire che l'apparecchio semplice ed il suo rigeneratore possono essere disposti sopra un unico asse.

Toepler si propone di aumentare l'effetto del suo apparecchio elettro-motore, aumentando il numero dei dischi girevoli e quello delle armature fisse, ed annuncia sulla fine della sua memoria ch'egli fa costruire un apparecchio per la scuola politecnica di Riga, in cui una dozzina di dischi saranno riuniti sullo stesso asse. La disposizione ch'egli dà all'apparecchio risulta dal seguente disegno schematico in proiezione.



R R è l'asse di rotazione, supposto orizzontale. Sopra di esso sono fissi due dischi girevoli A B, a b che insieme ai piatti fissi A', a' costituiscono una copia di apparecchi semplici, come nella fig. 5. Tutte le lettere hanno qui il medesimo significato che nella figura precedente. Sullo stesso asse però è fissa un'altra serie di dischi girevoli b, b_1 $b_2 \ldots . b_7$ i quali tutti come A B sono muniti di due segmenti metallici; ma qui su tutte e due le superficie, lateralmente e negli spazii intermedii a questi dischi gi-

revoli, sono disposti altrettanti piatti fissi C, $C_1 \ldots C_8$. Ciascuno di essi consta di due lastre sottili di vetro saldate fra loro, le quali rinchiudono un foglio di stagnola che non arriva fino ai lembi. Con ciò Toepler tende ad evitare ogni scarica fra i piatti girevoli ed i fissi. Tutte queste lastre saldate insieme sono congiunte col conduttore $c c_8$. Per questa disposizione è obbligato ad agire ogni segmento sulle due facce dei dischi girevoli e colla stessa superficie di dischi si produce un effetto doppio. Dalla parte opposta alle lastre si possono applicare due sistemi di molle di contatto, dei quali uno solo è visibile nel disegno in proiezione; ma che si possono facilmente immaginare colla scorta del disegno prospettico fig. 5. Si comprende da ciò che i dischi girevoli b, $b_1 \ldots$ negli anelli su cui sfregano le molle non devono essere coperti di vernice.

Ricordando l' andamento e la distribuzione dell'elettricità nel rigeneratore (fig. 5,) è chiaro che il conduttore $c c_8$ sarà caricato positivamente. Perciò si trasmetterà uno stato elettrico negativo al conduttore $t t_6$, se il sistema di molle di contatto sia lasciato in comunicazione col suolo finchè la carica di $c c_8$ e dei piatti fissi abbia raggiunto il suo massimo di intensità. Per tale disposizione i piatti c, $c_1 \ldots$ non possono subire altre perdite che quelle provenienti da incompleto isolamento, le quali saranno supplite da m. I sistemi di molle di contatto possono qui essere collegati con circuiti continui per ottenere la corrente continua, quando i dischi siano disposti in guisa da avere successivamente una precessione dell' uno sull'altro, ossia che l'abbandono o l'arrivo delle molle di contatto sulle armature non sia mai contemporaneo per due dischi (1).

Elettromotore di Bertsch.

Il nuovo elettromotore di Bertsch, denominato anche da lui, elettroforo continuo, fu presentato nel novembre scorso da M. Edm. Bequerel all' Accademia delle scienze di Parigi. Egli si è pro-

(1) In una nota posta di seguito alla memoria di Toepler, Poggendorf ricorda che Goodman di Birmingham ha costruito più di 20 anni sono un apparecchio che aveva molta analogia con quello di Toepler, nello scopo speciale di ottenere la decomposizione dell' acqua. Gaugain fa pure osservare in una nota inserita nel suo estratto della memoria di Toepler che il dupplicatore di Read, ed a più forte ragione, noi aggiungiamo, quello perfezionato da Belli, si caricano spontaneamente come quello di Toepler, dopo aver ottenuto una debole carica iniziale in una delle loro parti.

posto di semplificare la soluzione del problema che già aveva affrontato Holtz colla sua macchina elettrica. Perciò malgrado alcune analogie, il generatore di Bertsch è diverso da quello di Holtz. Siamo costretti a prendere la descrizione dai *Comptes Rendus* dell'Accademia. L'apparecchio di Bertsch è composto di un solo disco di sostanza isolante, per cui rimane semplificato il modo di agire delle induzioni elettriche mentre nella macchina di Holtz si hanno due dischi isolanti ed una lamina d' aria interposta.

Questo disco, formato di un foglio sottile di materia isolante, è montato sopra un albero di eguale natura e può, col mezzo di una manovella o di un pedale farsi girare con una velocità di 10 a 15 giri per 1″.

Due collettori a punte metalliche, senza comunicazione fra loro, posti normalmente al piatto ed alle estremità opposte di un diametro servono d'origine alla manifestazione della doppia corrente generata. Ciascuno dei collettori è munito di conduttore cilindrico snodato a gamba di compasso, terminati con sfere, che possono servire di elettrodi, e che si possono avvicinare all'occorrenza fino al contatto. Un conduttore a larga superficie è collegato ad uno degli organi conduttori per aumentarne la tensione.

« Dietro il piatto e parallelamente al suo piano, senza contatto ma a piccola distanza da lui, possono essere posti ad arbitrio uno o più settori, o lamine sottili di materie isolanti. Essi possono agire soli o sovrapposti gli uni agli altri. Sono porzioni di dischi d' un apertura di 60 gradi circa. Essi servono di elementi induttori ».

« Per armare la macchina, dice M. Bertsch, basta sfregare leggermente uno di questi settori colla mano, che ne elettrizza la superficie e di porlo nelle posizioni indicate. Messa in moto la ruota, una serie di scintille salta senza interruzione fra gli elettrodi. Che si interrompa, o no, il movimento della ruota, l'apparecchio resta caricato come l' elettroforo ordinario. In una atmosfera secca il flusso di elettricità può durare senza perdita sensibile per parecchie ore.

« Se dietro il primo si aggiunge un secondo settore elettrizzato per attrito, la quantità di elettricità indotta diviene sensibilmente doppia, senza che la tensione aumenti, restando la stessa la superficie del conduttore. Un terzo, un quarto settore, sovrapposti al primo sono altrettanti nuovi elementi induttori che vengono ad aumentare la quantità la quale non è limitata che dalla distanza delle superficie elettrizzate, dal diametro e dalla velocità della ruota, dal modo con cui può incessantemente ricostituirsi l'equilibrio per gli elettrodi ».

« Con un disco di 50 centimetri di diametro, in caoutchouc indurito, un moto di dieci giri per secondo e due settori, si può ottenere quasi senza interruzione (5 a 10 per 1″) delle scintille di 10 a 15 centimetri, aventi una tensione sufficiente per forare un vetro dello spessore di un centimetro, per illuminare in modo continuo più di un metro di tubo a gaz rarefatto e per mettere fuoco a distanza alle materie combustibili ».

« Questo piatto può caricare in 30, o 40 secondi una batteria di 2^m di superficie interna che volatilizza una foglia d'oro e brucia 1^m di filo di ferro adoperato in telegrafia per i parafulmini. »

L'imponenza dei risultati a fronte della semplicità dell'apparecchio e della relativa piccolezza delle parti influenti nello sviluppo di elettricità fanno desiderare maggiori schiarimenti, i quali potranno portare qualche luce anche sulle quistioni tuttavia dibattute, relative all' induzione elettrostatica.

M. Holtz denomina *elemento* l'insieme delle disposizioni che servono a caricare e scaricare il disco mobile. Un elemento per ciò è costituito da una finestra, da una armatura e da un conduttore. Perciò la macchina descritta nella fig. (1, 2, 3) era un apparecchio a due elementi. M. Holtz ha costruito degli apparecchi a quattro elementi, colle finestre ad un quadrante l'una dall'altra, e quattro conduttori, due in uno stesso piano orizzontale, gli altri due in uno stesso piano verticale. Attivando la macchina mediante la ellettrizzazione di una delle armature, si vede che dopo alcuni istanti le quattro armature hanno preso cariche eguali, alternativamente positive e negative e si può allontanare il corpo elettrizzato che servì ad attivare la macchina. Dalle esperienze di Holtz risulta che per una stessa velocità del disco mobile la quantità di elettricità messa in circolazione in un tempo dato è sensibilmente proporzionale al numero degli elementi; ma la distanza esplosiva massima diminuisce quando il numero degli elementi aumenta. Per ottenere la carica di un coibente armato che offriva una scintilla di data lunghezza con una macchina a due elementi occorreva un tempo doppio che con una macchina a quattro.

L' aumento di superficie inducente accrescerebbe quindi la rapidità della carica nella macchina di Holtz come in quella di Bertsch. Ma nella macchina di Holtz si aumenta il numero delle fasi di induzione per ciascuna parte del disco mobile coll' aumentare il numero degli elementi; nella macchina di Bertsch invece coll' aumentare il numero dei settori sovrapposti si aumenterebbe la potenza induttrice, restando costante il numero delle fasi d' induzione per ciascuna parte del disco.

Ecco secondo noi la differenza capitale fra i due modi di agire di questi due elettromotori.

Del resto Holtz, che dopo la pubblicazione della sua memoria si è occupato incessantemente del perfezionamento del suo apparecchio, è giunto ad ottenere scintille di 30 pollici ($0^m, 78$) con un apparecchio semplice a due elementi di cui il disco mobile non ha che 12 pollici ($0^m, 31$) e dietro le sue nuove ricerche, la lunghezza massima delle scintille sarebbe, almeno entro certi limiti, direttamente o quasi proporzionale al diametro dei dischi ed inversamente proporzionale al numero degli elementi, ossia al numero delle fasi di induzione. (Vedi la *Nota di Gaugain all'estratto della memoria di Holtz. Ann. de chimie et Phys.* Juin 1866, pag. 209.) Sotto il rapporto quindi della distanza esplosiva i risultati ottenuti da Holtz e da Bertsch sarebbero conformi. In due successive memorie pubblicate nel tomo XXVII degli Annali di Poggendorf, sì Toepler che Holtz ritornano sull'argomento delle macchine di rispettiva invenzione. Ci limitiamo per ora a rimandare i lettori alla lettura di esse memorie.

B. **Induzioni elettromagnetiche.**

Se le correnti prodotte dalle macchine ad induzione elettrostatica spiegassero una azione elettromagnetica energica, potrebbero trovare molte applicazioni industriali, risolvendo nel modo più comodo il problema della conversione del lavoro dinamico in energia elettromagnetica. Finora però non si è potuto constatare in quelle correnti che un'azione elettromagnetica tenue. Sono ancora molti i punti teorici e pratici sotto cui queste macchine meritano di essere studiate.

Frattanto, mentre da una parte si volgeva l'attenzione alla conversione del lavoro in energia elettromotrice approfittando delle induzioni elettrostatiche; si studiava in Inghilterra da Wilde la stessa conversione basata sul principio delle induzioni elettromagnetiche e si ottenevano risultati accertati sperimentalmente e di tale imponenza che Faraday nel comunicarli alla Società Reale di Londra li denomina paradossali. (*Experimental Researches in Magnetism and Electricity. Part. I. By H. Wilde Esq. Comunicated by M. Faraday. Received March.* 26 1866. *Proceedings of the R. Society. Vol. XV, N.* 83).

Wilde trovò che una quantità indefinitamente piccola di magnetismo o di eletricità dinamica è capace di indurre una quantità indefinitamente grande di magnetismo, e reciprocamente una

quantità indefinitamente piccola di elettricità dinamica o di magnetismo è capace di svolgere una quantità indefinitamente grande di elettricità dinamica. Egli applica il principio delle induzioni elettromagnetiche successive, come Toepler quello delle successive induzioni elettrostatiche, e fatta ragione dei due diversi modi di induzione, la macchina di Wilde ha qualche analogia con quella di Toepler; ma i risultati che si ottengono con quella sortono da ogni previsione fondata sulle nozioni acquisite relative alla produzione della forza ed al limite di potenza delle macchine.

Il principio delle induzioni elettromagnetiche successive di Wilde, può formularsi schematicamente nel modo seguente.

Mediante una piccola macchina sul principio di quella di Clarke, si faccia generare una corrente in una spirale; raccolta questa corrente mediante un commutatore, la si slanci nella spirale di una grossa elettrocalamita; si ottiene così una calamita d'una potenza assai maggiore di quella della calamita permanente originaria. Questa elettrocalamita può servire a sua volta a produrre una seconda corrente in altra spirale mobile, la quale sarà molto più energica della prima e potrà alla sua volta applicarsi ad eccitare un'altra elettrocalamita ancor più poderosa della precedente, e così di seguito.

Tutti i pezzi mobili possono collocarsi sopra uno stesso asse come nella macchina di Toepler. Wilde trovò in queste esperienze il fatto nuovo che l'elettricità si accumula nella spirale della grossa elettrocalamita come in un coibente armato. Quando questa elettrocalamita era stata per un tempo anche assai breve messa in comunicazione colla macchina magneto-elettrica e che veniva interrotta la comunicazione, conservava tuttavia per circa 26″ il potere di produrre una scintilla brillante.

È in questo potere di condensazione prodotto dalla presenza del nocciolo di ferro, che appare doversi cercare la causa degli effetti sorprendenti di questa macchina; come pure è in esso che si riscontra un punto importantissimo di correlazione fra le induzioni elettrostatiche ed elettromagnetiche.

Wilde denomina elettricità dinamica sviluppata a *primo*, *secondo* o *terzo grado*, la corrente ottenuta o dalla originaria macchina a calamita permanente, o dalla prima elettromagnete eccitata per l'azione di quella, o dalla successiva eccitata per l'azione di questa e va dicendo.

Coll'elettricità dinamica sviluppata a terzo grado egli fondeva sopra una lunghezza di 37 centimetri un filo di ferro di 6 millimetri pieni di diametro. Una lampada elettrica con carbone di 12

millimetri di lato, dava tal lucė che erano projettate sui muri a circa 400^m di distanza le ombre delle fiamme di gaz.

È facile il prevedere che questa macchina sarà chiamata ben presto ad arrecare importanti servigi all'industria, dovunque si abbia un debole eccesso di lavoro a disposizione, e torni utile una azione elettrica od elettromagnetica, od illuminante o calorifica energica.

Nei *proceedings* citati e nel Figuier si può leggere, comunque alquanto indeterminata, la descrizione della macchina quale fu costruita da Wilde. È chiaro però che il principio è generale e che le disposizioni delle parti possono subire quelle modificazioni che non alterino il principio.

Prof. G. Codazza.

F. BRIOSCHI, *Direttore e Gerente risponsabile.*

A pag. 351 linea 29. — Invece di *sorse dal mare, fabbricata colle scorie de' suoi vulcani*, — si legga: *emerse da jeri, fabbricata colle scorie de' suoi vulcani, o colle spoglie de' suoi mari.*

Il sig. Ing. Seggiaro interessa la Tipografia ad avvertire le seguenti sviste occorse nelle indicazioni delle espressioni matematiche, ciò che si fa di buon grado per amore della scienza.

pag. 380, lin. 5, valore di b'

$d + \frac{m}{n}$	si legga	$d' + \frac{m}{n}$
$d' - \frac{m}{c}$	»	$d' - \frac{m}{n}$

pag. 384, lin. 8 in fine:

$\sqrt{\sqrt{\frac{r}{3(a+s)}} -}$ si legga $\sqrt{\sqrt{\frac{r}{3(a+s)}} - 1}$

Si tolgano le estreme parentesi quadre al valore di R, pag. 392.

Pag. 413	lin. 5,	invece di	M'	leggasi	M
» 414	» 15,	»	$M'n'$	»	Mn'
» 419	, ultima	»	S	»	s
» 420	» 7	»	G	»	C
» 429	» 6	»	α	»	a
» 431	» 3	»	$\left(1 - \frac{1}{e^{2ny}}\right)$	»	$\left(1 - \frac{1}{e^{2ny}}\right)^2$
» 432	penult.	»	h	»	h'
» 436	» 5	»	$\cos.\alpha$	»	$\cos.^3\alpha$
» *ivi*	» 14	»	$\left(1 - \frac{g^2}{r^2}\right)^{\frac{3}{2}}$	»	$\left(1 - \frac{g^2}{r^2}\right)^{\frac{1}{2}}$

INDICE GENERALE

DELLE MATERIE

CONTENUTE NEL VOLUME II.°, SERIE IV.ª

PARTE TECNICA.

Luglio.

Agosto.

Settembre.

Ottobre.

Novembre.

Dicembre.

